H LIBRARIES
403311 1

Digitized by Google

d by Google

by Google

Digitized

P.H. VAN DER WEYDE

Enkyklopädi

der

Experimental-Physik,

der

Astronomie, Geographie, Chemie, Physiologie, Chronologie

nach dem Grade ihrer Verwandtschaft mit der

Physik

von

Gotthard Oswald Marbach,
Doctor der Philosophie und akademischem Docenten zu Leipzig.

Vierter Band.

N bis Z.

Leipzig, 1837.
Verlag von Otto Wigand.

Populäres Physikalisches Lexikon

oder

Handwörterbuch

der

gesammten Naturlehre

für

die Gebildeten aus allen Ständen

von

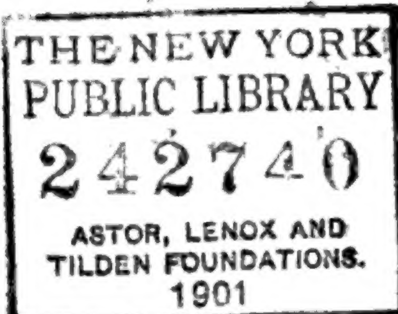
Gotthard Oswald Marbach,
Doctor der Philosophie und akademischem Docenten zu Leipzig.

Vierter Band.

N bis Z.

Was du ererbt von deinen Vätern hast,
Erwirb es, um es zu besitzen.
Göthe.

Leipzig, 1837.
Verlag von Otto Wigand.



N.

Nacht heißt (in der Astronomie) die Zeit von einem Sonnenuntergange bis zum nächsten Sonnenaufgange. Die Nacht macht den Gegensatz des Tages aus, wenn man unter Tag die Zeit von einem Sonnenaufgang bis zum nächsten Sonnenuntergange versteht; einen Theil des Tages, wenn man unter Tag die Zeit von einem Mittag bis zum nächsten begreift. Während der Nacht befindet sich die Sonne scheinbar unterhalb der Erde, in Bezug auf den Ort, wo jene herrscht, oder die Erde kehrt diejenige Seite, auf welcher dieser Ort liegt, von der Sonne ab. So wie sich die Erde um ihre Axe umdreht, kehrt sie nach und nach jeden Ort erst der Sonne zu, dann von ihr ab, und so wechseln für jeden Ort Tag und Nacht. Da sich die Sonne während der Nacht unterhalb des Horizontes befindet, während des Tages oberhalb desselben, so wechseln wie Nacht und Tag, so auch Finsterniß und Licht. Da das Licht nicht augenblicklich der Finsterniß weicht, so wie die Sonne unter den Horizont sinkt, und eben so das Licht nicht augenblicklich die Finsterniß verdrängt, so wie die Sonne über den Horizont sich erhebt, sondern der Wechsel zwischen Licht und Finsterniß (durch die Dämmerung) stets allmälig geschieht, so rechnet man im gemeinen Leben die Länge der Nacht nicht genau nach dem Gange der Sonne, sondern kürzer, von dem Aufhören der Abenddämmerung bis zum Anfange der Morgendämmerung.

Nur unter dem Aequator ist die Nacht (nach astronomischer Bestimmung) stets eben so lang als der Tag und jede Nacht der andern gleich. An den meisten Orten der Erde findet in dieser Beziehung eine sehr große Verschiedenheit statt. Bei uns ist bekanntlich zweimal des Jahres Tag und Nacht gleich lang, außerdem aber ist die Nacht entweder länger oder kürzer als der Tag. Zur Zeit der zwei Nachtgleichen ist auf der ganzen Erde Tag und Nacht völlig gleich, also jedes 12 Stunden lang. Zu der Zeit wo wir den längsten Tag haben, geht unter dem Polarkreise die Sonne gar nicht unter, sondern steht 24 Stunden über dem Horizonte, und während wir die längste Nacht haben, herrscht unter dem Polarkreise eine Nacht von 24 Stunden. Je näher man den Polen kommt, desto länger dauert der längste Tag, desto länger auch die längste Nacht und unter dem Pole selbst wechselt das ganze Jahr hindurch nur einmal Tag und Nacht, indem die Nacht 6 Monate und eben so lange der Tag währt. Die Nacht wird übrigens durch verschiedene Umstände, namentlich in den Gegen-

den, wo sie am längsten ist, bedeutend abgekürzt. Die Astronomen nehmen als Grenzen der Nacht die Augenblicke an, in denen der Mittelpunkt der Sonne im Horizont steht. Da aber die Sonne einen merklichen Durchmesser hat, so leuchtet der obere Sonnenrand noch wenn die Nacht begonnen, und schon ehe sie aufgehört hat. In unseren Gegenden ist dieser Umstand von nur geringem Einfluß, am Pole aber bleibt der obere Sonnenrand 16 Stunden länger über dem Horizont als der Mittelpunkt der Sonne. Bedeutender wird die Nacht durch die Strahlenbrechung abgekürzt. Diese ist Ursache, daß bei uns die Sonne 4 Minuten eher und 4 Minuten später noch gesehen wird, als sie eigentlich wirklich auf- und untergeht. Viel größer noch ist der Einfluß der Strahlenbrechung in den Polargegenden. Holländer die im J. 1597 auf Nova-Zembla übernachteten, wollen die Sonne schon den 24. und 27. Januar gesehen haben und nach dieser Angabe wäre die Polarnacht damals um 2 Wochen abgekürzt gewesen. Endlich bewirkt die Dämmerung eine bedeutende Abkürzung der Nacht, wiederum am stärksten in den Polargegenden. Zur Zeit der längsten Tage ist die kurze Nacht so von der Dämmerung erleuchtet, daß eine tiefe Finsterniß gar nicht eintritt. Während der langen Nächte tritt eine Dämmerung ein, sobald sich die Sonne dem Horizonte nähert, auch wenn sie nicht über denselben emportritt. — Die Mitte der Nacht, 12 Stunden nach und 12 Stunden vor Mittag heißt **Mitternacht**. Zur Zeit der Mitternacht an einem bestimmten Orte geht die Sonne durch den Meridian desselben auf der anderen Seite der Erde. Ueber die Himmelsgegend, welche Mitternacht genannt wird, s. d. Art. **Nord**.

Nachtgleichen, Tag- und Nachtgleichen, (lat.) **Aequinoctium, Zeit der Nachtgleichen** heißen diejenigen zwei Tage des Jahres, wo auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich sind. Der eine dieser Tage, die **Frühlingsnachtgleiche** fällt auf den 21. März die andere, die **Herbstnachtgleiche** auf den 23. September. Weil das Jahr etwas länger als 365 Tage ist, so treffen die Nachtgleichen nicht immer genau ein, doch sind die Einschaltungen jetzt so eingerichtet, daß sie sich nie bedeutend von den angegebenen Tagen entfernen. Zur Zeit der Nachtgleichen geht die Sonne genau im Ostpunkte auf und im Westpunkte unter. Die Nachtgleichen treten astronomisch dann ein, wenn sich der Mittelpunkt der Sonne in der Ebene des Aequators des Himmels befindet, oder wenn ein Beobachter unter dem Aequator der Erde, die Sonne genau im Zenith hat. Daher währt die eigentliche Nachtgleiche nur einen Augenblick, nicht einen Tag. Die **Nachtgleichenpunkte** sind die Punkte, in welchen die Ekliptik den Aequator schneidet. Da auf der südlichen Halbkugel die Jahreszeiten so folgen, daß dort Frühling ist, während bei uns Herbst und umgekehrt, so ist die Herbstnachtgleiche der nördlichen Halbkugel die Frühlingsnachtgleiche der südlichen Hemisphäre und eben so die Frühlingsnachtgleiche bei uns die Herbstnachtgleiche für die südl. Halbkugel. — S. d. Art. **Vorrücken der Nachtgleichen**.

Natrium, Natronium, Natronmetall, ein leichtes Metall, welches zuerst von Davy wie das Kalium mit Hilfe des Galvanismus aus Natron dargestellt wurde. Im Mineralreich kommt es sehr häufig vor: als Steinsalz an Chlor gebunden; als Oxyd mit Salzsäure verbunden im Meerwasser, den Salzsoolen; in einigen Seen und Quellen an Kohlensäure, Boraxsäure, Schwefelsäure gebunden; in fester Form an Salpetersäure gebunden. Mehre Steinarten enthalten es, namentlich Natrolith, Sodalith, Kryolith, Gay-Lussit, Glauberit u. a. Ferner enthalten auch besonders die am Meere vorkommenden Gewächse Natrium, und endlich findet es sich in vielen thierischen Flüssigkeiten. Das Natrium hat ein specif. Gewicht = 0,9348 nach Davy, = 0,9722 nach Gay-Lussac, ist übrigens dem Kalium sehr ähnlich, aber weniger flüchtig, nämlich erst in starker Rothglühhitze. Es erweicht bei + 50° C. und ist bei + 90° vollkommen flüssig. — Zu dem Sauerstoffe hat es eine sehr große Verwandschaft. Es zersetzt rasch das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur, ohne sich jedoch so leicht wie Kalium hierbei zu entzünden. Die Entzündung erfolgt aber leicht, wenn Natrium auf schleimiges Wasser geworfen wird. Man unterscheidet 3 verschiedene Oxydationsstufen: Suboxyd, Oxyd, Hyperoxyd. Das Oxyd ist das Natron. Dasselbe ist eine graue Masse von muscheligem Bruch, die weniger äzt als Kali, übrigens aber ganz wie dieses sich verhält. Früher wurde es Mineralalkali genannt, und die französischen und englischen Chemiker nennen es Soda, welchen Namen wir nur der im Handel vorkommenden rohen Soda geben. Das Natron hat große Verwandschaft mit dem Wasser. Das trockne Natronhydrat (ätzendes Natron oder Mineralalkali) heißt im gelösten Zustande ätzende Natronflüssigkeit, (Seifensiederlauge). Das Natronhydrat gleicht äußerlich dem Kalihydrate, hat aber ein specif. Gewicht = 2,00, und ist etwas weniger flüchtig und ätzend als Kali. Wie das Kali zerfließt das Natron anfangs an der Luft, erhärtet jedoch bald durch Anziehen von Kohlensäure. Mit Säuren bildet das Natron die Natronsalze, welche sämmtlich im Wasser löslich sind. — Mit dem Stickstoff verbindet sich das Natrium zu salpetersaurem Natron (kubischer oder Rhomboidal-Salpeter), welches sich in Peru in großer Menge natürlich vorkommend findet. Dieß Salz krystallisirt in weißen, durchsichtigen, stumpfen Rhomboëdern von 2,096 specif. Gewicht, und besitzt doppelte Strahlenbrechung. Es schmeckt dem Salpeter ähnlich, aber bitterer; löst sich in 2 Theilen kalten und in weniger als einem dem seinen gleichen Gewichte kochenden Wassers. Uebrigens verhält sich dasselbe ähnlich dem Kalisalpeter, verpufft jedoch mit verbrennlichen Substanzen minder heftig. Mit Kohle und Schwefel verpufft es unter schöner pomeranzengelber Farbe. Man bedient sich desselben bei Feuerwerken. — Das Chlornatrium (salzsaures Natron, Kochsalz, Steinsalz, Meersalz) findet sich bekanntlich sehr häufig in der Natur, macht einen Bestandtheil des Meerwassers aus, findet sich in den Salzflötzen und in einigen Sandwüsten als Steinsalz, und aufgelöst in den Salzsoolen. Fast in allen thierischen Säften und in mehren Pflanzen kommt es vor. Aus den Auflösungen

wird es durch Abdunstung des Wassers gewonnen. Es krystallisirt in farblos durchsichtigen Würfeln, selten in Oktaëdern. Sein specif. Gewicht ist = 2,17. Es ist luftbeständig, und von rein salzigem Geschmack. Das gewöhnliche, schnell krystallisirte Salz verknistert auf dem Feuer, schmilzt leicht in der Rothglühhitze und verflüchtigt sich unzersetzt in der Weißglühhitze. Im Wasser ist das Kochsalz leicht löslich und verwandelt sich dabei in salzsaures Natron. Nach Fuchs ist das Kochsalz gleich löslich in kaltem und in heißem Wasser; 100 Theile Wasser lösen 37 Theile Salz. Dasselbe ist auch in wässrigem Weingeiste etwas löslich. Wenn eine gesättigte Kochsalzauflösung einer Temperatur von — 8 bis 9° R. ausgesetzt wird, so erhält man (nach Lowitz und Fuchs) krystallisirtes salzsaures Natron. Die Krystalle sind tafelartig und oft über 1 Zoll lang. Die vielfache Anwendung des Kochsalzes ist bekannt. — Das chlorichtsaure Natron (Chlornatron, natronhaltige Bleiflüssigkeit und natronhaltiges Bleichpulver hat dieselben Eigenschaften wie das chlorichtsaure Kali, daher auch dieselbe Anwendung. — Das chlorsaure Natron (oxychlorinsaures, oxyhalogenirtes, überoxydirt salzsaures Natron) ist ähnlich dem chlorsauren Kali. Es krystallisirt in farblos durchsichtigen, sehr stumpfen, schiefen rhombischen Säulen oder Tafeln. Es ist in Wasser und Weingeist viel löslicher als das Kalisalz. — Minder wichtig sind die Verbindungen des Natrium's mit Brom (Bromnatrium und hydrobromsaures Natron), mit Jod (Jodnatrium und hydriodsaures Natron, ferner iodsaures Natron), mit Fluor (Fluornatrium). — Das Schwefelnatrium (Schwefelnatron, Natronschwefelleber) ist analog der entsprechenden Verbindung des Schwefels mit Kali. Das schwefelsaure Natron oder Glaubersalz wurde 1658 von Glauber entdeckt, und findet sich natürlich in vielen Salz- und Mineralquellen. Dasselbe krystallisirt in wasserhellen, schiefen rhombischen Säulen, oder unregelmäßig sechsseitigen gestreiften Säulen mit 2, 4 oder 6 Flächen zugespitzt, und hat einen kühlenden, bitterlich salzigen Geschmack. Das Salz verwittert leicht an trockner Luft, und läßt alles Wasser fahren und heißt dann zerfallenes schwefelsaures Natron. In gelinder Hitze zerschmilzt es in seinem Krystallwasser, läßt dieses fahren und wird wieder fest. Erst in starker Rothglühhitze kommt es aufs neue in Fluß ohne flüchtig zu sein oder zerlegt zu werden. Das wasserleere Salz löst sich in Wasser unter beträchtlicher Erwärmung. Das krystallisirte löst sich in Wasser unter Erkältung. 100 Th. Wasser nehmen bei 0° R. 12 Th. auf, bei 20° 100, bei 25°,6 aber 322 Th. Bei weiterer Erhitzung nimmt die Löslichkeit wieder ab, so daß sich bei 40° nur 262 Th. Salz in 100 Th. Wasser lösen. Es wird bekanntlich in der Medicin als Laxirmittel in Solutionen angewendet. — Das saure schwefelsaure Natron krystallisirt in luftbeständigen vierseitigen Säulen. — Phosphornatrium ist dem Phosphorkalium ähnlich. Das phosphorsaure Natron (phosphorsaure Mineralalkali) war schon längst als Bestandtheil des Harns bekannt, wurde aber zuerst 1785 von Klaproth genau analysirt. Ausser im Harne findet es sich auch noch in anderen thierischen Flüssigkeiten. Dasselbe krystallisirt in wasserhellen,

schiefen rhombischen Säulen mit 4 Flächen zugespitzt. Der Geschmack ist angenehm kühlend salzig, ähnlich dem des Kochsalzes aber milder. Es reagirt schwach alkalisch. Allmählig verwittert es an warmer Luft vollständig, wobei es nur einen Theil seines Krystallisationswassers verliert. In stärkerer Hitze zerfließt es in seinem Krystallisationswasser und läßt es beim anhaltenden gelinden Erhitzen, wobei es noch nicht schmilzt, vollständig fahren, ohne sich wesentlich zu verändern, denn wenn man dieses wasserleere Salz in Wasser löst und aus demselben wieder krystallisiren läßt, so erhält man die ursprüngliche Gestalt mit allen Eigenschaften wieder. Wenn man jedoch das wasserleere Salz glüht, so schmilzt es und erstarrt dann beim Erkalten zu einer weißen, milchigen, perlfarbenen Masse, welche wasserleeres pyrophosphorsaures Natron ist. Dasselbe ist feuerbeständig und unterscheidet sich von dem gewöhnlichen ungeglühten phosphorsauren Natron namentlich dadurch, daß seine wässrige Lösung Silbersolution weiß niederschlägt (der Niederschlag löst sich in überschüssig zugesetztem Salz wieder auf), während gewöhnliches ungeglühtes ph. N. sie gelb färbt (der Niederschlag löst sich nicht auf in überschüssigem Salze). Man kann jenes durch Kochen mit starken Säuren wieder in gewöhnliches phosphorsaures Salz umwandeln. Das krystallisirte Salz löst sich in Weingeist gar nicht, wohl aber in 4 Th. kalten und in 2 Th. kochenden Wassers. Das *pyrophosphorsaure* Natron bedarf mehr Wasser. In der Medicin gibt man dieß Salz als Abführungsmittel. — Natrium, Phosphor und Stickstoff sind verbunden im phosphorsauren Natron-Ammoniak, welches in tafelartigen Krystallen anschießt, die an der Luft unter Verlust von Ammoniak verwittern und in der Glühhitze zu einer klaren Perle schmelzen. — Die (giftigen) Verbindungen des Natrium mit Arsenik entsprechen denen mit Phosphor. — Natrium und Kohlenstoff sind verbunden im kohlensauren Natron. Es sind zu unterscheiden einfach und doppelt kohlensaures Natron. Jenes (auch basisch kohlensaures Natrum; mildes, luftsaures Mineralalkali) wurde früher oft mit Salpeter verwechselt, und findet sich an feuchten Mauern (Mauersalz), in Felsen, aus der Dammerde auswitternd und in einigen Seen. Man gewinnt dasselbe im Großen aus mehren Strand- und Seegewächsen, welche getrocknet und in Gruben verbrannt werden. Die glühende Asche wird weich und backt massenhaft zusammen. Als rohe Soda kommt diese Asche in den Handel. Als die beste gilt die spanische und unter dieser wieder als die beste die alicantische oder Barille. Am meisten verunreinigt ist die aus Fucus und Ulvenarten bereitete, welche Varech-Soda und Kelp heißt. Die Soda hat ein graues Ansehen und muß an der Luft trocken bleiben. Das reine einfach kohlensaure Natron krystallisirt in wasserhellen, schiefen rhombischen Säulen und deren Abänderungen. Die Krystalle haben einen kühlenden, schwachalkalischen Geschmack. Es verwittert sehr leicht an der Luft und schmilzt bei gelinder Hitze in seinem Krystallisationswasser, das es allmählig fahren läßt, so daß zerfallenes oder wasserleeres einfach kohlensaures Natron zurückbleibt. Dieß Salz ist feuerbeständig, indem es die Kohlensäure durch Erhitzen nicht verliert, schmilzt

in der Rothglühhitze und steht in Bezug auf alkalischen Geschmack mitten inne zwischen dem krystallisirten Salz und dem einfach kohlensauren Kali. Das krystallisirte löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 2 Th. Wasser, und bei dieser Lösung tritt Erkältung ein. Dagegen löst sich das wasserleere Salz in 5,2 Th. Wasser von gewöhnlicher Temperatur, wobei Erwärmung eintritt. Bei höheren Temperaturen ist die Löslichkeit des krystallisirten Salzes noch viel größer, und bei der Temp. des siedenden Wassers bedarf es zur Lösung gar keines Zusatzes von Wasser mehr, sondern schmilzt in seinem eigenen Krystallisationswasser. Es ist unlöslich in Weingeist. — Das doppelt kohlensaure Natron (neutrales oder säuerliches kohlensaures Natrum) ist von Rose entdeckt worden. Dasselbe krystallisirt in meistens kleinen (undeutlichen) vierseitigen Tafeln, und reagirt und schmeckt alkalisch. Während es an trockner Luft unverändert bleibt, verwittert es langsam in feuchter, indem es Wasser anzieht und einen Theil Kohlensäure fahren läßt. Beim Erhitzen entweicht das in ihm enthaltene Wasser und die Hälfte seiner Kohlensäure. Bei gewöhnlicher Temperatur löst es sich in 13 Th. Wasser, welche Lösung in gewöhnlicher Temperatur unverändert bleibt, beim Erhitzen aber einen Theil Kohlensäure fahren läßt, so daß anderthalb kohlensaures Natron zurückbleibt. Dieses Salz findet sich natürlich als Natron, Trona und Urao in durchscheinenden krystallinischen Massen von alkalischem Geschmacke, welche an der Luft nicht verwittern. Des doppelt kohlensauren Natrons bedient man sich namentlich zur Bereitung künstlicher kohlensaurer Mineralwasser. — Das boraxsaure Natron (Borax, raffinirter Borax) war schon den Alten bekannt (Chrysocolla bei Plinius), die es zum Löthen des Goldes benutzten. Es kommt natürlich als Tinkal, Pounxa, roher Borax vor. Der Tinkal bildet zusammen gesinterte, krystallinische Massen oder Krystalle von weißgrauer, ins Gelbe und Grüne ziehender Farbe, mit Wachsglanz. Er wird raffinirt. Das reine boraxsaure Natron krystallisirt in ansehnlichen, farblos durchsichtigen, schiefen rhombischen und unregelmäßig 6- und 8seitigen Säulen, meistens mit 3 bis 4 Flächen zugespitzt. Im Handel kommt der Borax gewöhnlich in unregelmäßigen Bruchstücken von 1 bis 2'' Länge und ½ bis 1'' Dicke vor. Er hat ein spec. Gewicht = 1,75, einen schwachsalzigen, süßlichen, etwas kühlendalkalischen Geschmack und reagirt schwachalkalisch. Er verwittert an der Luft sehr langsam an seiner Oberfläche, schmilzt in der Hitze in seinem Krystallwasser. Dabei bläht er sich auf und es bleibt eine weiße, lockere, schwammige Masse: gebrannter Borax zurück. Wenn man diese noch stärker erhitzt, so schmilzt sie zu einem durchsichtigen Glase: Boraxglas, wasserleerer Borax. Dieß Glas wird an der Luft allmählig undurchsichtig. Der krystallisirte Borax ist in 12 Th. kalten und in 2 Th. heißen Wassers löslich. Man bedient sich des Borax zum Löthen und als Arzneimittel äußerlich und innerlich. — Gegen Kieselerde verhält sich das Natron wie Kali. Das Natronglas ist härter als Kaliglas, gewöhnlich von bläulicher Farbe. Aber auch das meiste weiße Glas ist natronhaltig. Wie mit Kali kann man auch mit Natron ein (noch vortheilhafteres) Wasserglas erhalten. Der künst-

liche **Ultramarin** ist eine Verbindung von Natrium, Alumium und Schwefel.*)

Nebel heißen im Allgemeinen alle unmittelbar an der Erdoberfläche vorfallenden Verdichtungen der atmosphärischen Luft, wodurch diese mehr oder weniger unsichtbar wird. Die Nebel sind theils **feuchte**, theils **trockene Nebel**.

Die **feuchten Nebel** bilden sich in der feuchten Luft, wenn die elastische Kraft des sich von der Erdoberfläche erhebenden Wasserdampfes größer ist, als die elastische Kraft im Maximum, welche der Temperatur der Luft entspricht.**) Der Rauch, welcher sich über einen mit warmem Wasser gefüllten Gefäße erhebt, ist ein wirklicher Nebel. Hat z. B. die Luft eine Temperatur von 20° C., das Wasser von 60° C. so entwickelt sich der Dampf mit einer Elasticität von 5,5130 P. Zoll, welche der Temperatur von 60 Grad entspricht; da derselbe aber bei einer Temperatur von 20 Grad nicht bestehen kann mit dieser Elasticität, so verdichtet er sich zum Theil, bis seine Elasticität auf 0,575 P. Zoll herabgebracht ist. Denn diese entspricht der Temperatur von 20 Grad. Daher wird der Nebel um so dichter sein, je mehr die Temperatur des Wassers die Temperatur der Luft übersteigt, und je feuchter die Luft ist, *weil*, sobald sie mit Dampf gesättigt ist, aller fernerhin *sich entwickelnde* Dampf, so wie er in sie eintritt, sich verdichten muß. *Denselben* Ursprung haben die Nebel, welche sich über dem Meere, über Seen, Flüssen und Bächen bilden, und verschiedene Beobachter haben sich durch directe Versuche überzeugt, daß in dem Augenblicke der Nebelbildung die Temperatur der Luft stets niedriger, als die des Wassers ist. Diese Bedingung, welche immer zur Nebelbildung erforderlich ist, ist indeß nicht stets hinreichend. Wenn die Luft trocken und stark bewegt ist, so wird der Dampf fortgeführt, und im Augenblicke seiner Bildung zerstreuet, ohne daß eine merkliche Verdichtung zu Stande kommt. Ist aber die Luft ruhig und bereits feucht, so steigt der Dampf langsam auf und wird fast gänzlich verdichtet. Dieß findet stets während des Winters in der Nähe von Quellen statt, indem diese fortwährend eine höhere Temperatur beibehalten.

Man beobachtet jedoch häufig Nebel unter scheinbar sehr verschiedenen Umständen, z. B. während eines Thauwetters, wo die Temperatur der Luft merklich höher als die des Wassers ist. Man sieht ferner sehr dichte Nebel über den Flüssen sich bilden, sogar während sie noch mit Eis bedeckt sind; aber auch hier erfolgt die Nebelbildung nach dem angegebenen Principe. In diesem Falle ist nämlich die wärmere Luft mit Feuchtigkeit gesättigt, und der in ihr enthaltene Wasserdampf verdichtet sich, sobald sie mit derjenigen Luft in Berührung kommt, welche sich am Eise oder an andern kalten Körpern erkältet hat. Aus derselben Ursache entspringen ferner auch die Nebel, welche während des

*) Wegen der vielen in diesem Art. vorkommenden Beziehungen auf **Kali**, vergl. d. Art. **Potassium**.

) Vergl. d. Art. **Dampf.

Frühlings über den Flüssen nach Gewitterregen auftreten. Die Luft ist wärmer, als die Oberfläche des Wassers, aber von Feuchtigkeit gesättigt, und so wie sie an Orte kommt, wo sich die Frische des Flusses empfindlich macht, so muß der in ihr enthaltene Wasserdampf sich abkühlen und verdichten und als Nebel auftreten. Im Allgemeinen wird durch die Vermischung jeder zwei mit Feuchtigkeit gesättigter und verschieden erwärmter Luftarten Nebel erzeugt, weil die mittlere Temperatur, welche sich aus jener Mischung ergibt, zu niedrig ist, um Dampf von mittlerer Elasticität zu enthalten. Es vermischen sich z. B. mit Feuchtigkeit gesättigte Luft von 5° mit ebenfalls von Feuchtigkeit gesättigter Luft von 15°. Die mittlere Temperatur wird 10° sein, aber die Elasticität welche der Temperatur von 5° entspricht, ist 0,192 P. Zoll, die welche der Temperatur von 15° entspricht, ist 0,599 P. Zoll. Die mittlere Elasticität ist also 0,299 P. Zoll und diese kann in der Luft von 10° nicht bestehen, weil das Maximum der Elasticität, welches dieser Temperatur entspricht, nur 0,282 P. Zoll ist.

Alle Nebel enthalten nach dem Vorhergehenden tropfbares Wasser, welches sich zu kleinen kugelförmigen Massen zusammengehäuft hat. Diese Massen scheinen jedoch nur aus hohlen Kügelchen zu sein, weßhalb man sie Dampfbläschen oder Nebelbläschen nennt. Daß dieses der Fall sei, scheint aus Versuchen hervorzugehen, welche Kratzenstein und Saussure angestellt haben, vergl. d. Art. Dunst.

Wenn man einen jeden Tag, an welchem ein Nebel erscheint, einen Nebeltag nennt, abgesehen von der Ursache, die ihn erzeugt, und abgesehen von der Dauer des Nebels, so zeigt sich, daß die Zahl dieser Tage in verschiedenen Jahren sich ziemlich gleich bleibt. Die Zahl derselben ist aber nicht an allen Orten gleich, und eben so wenig sind die Nebeltage durch das ganze Jahr gleichförmig vertheilt, wie aus folgender (von Kämtz angegebener) Tabelle sich ergibt.

Monat	London	Cuxhaven	Hamburg	Berlin	Moscau	Stuttgart	München	Tegernsee	Peissenberg	St. Gotthardt
Januar.....	5,0	4,1	7,4	4,4	1,9	4,4	7,4	11,2	12,8	18,5
Februar....	3,9	3,2	5,6	4,2	0,9	3,8	3,2	10,9	11,0	18,5
März.......	3,1	2,3	5,1	2,0	2,4	5,0	3,5	13,8	14,4	22,9
April.......	1,6	1,5	3,6	1,4	1,2	1,0	1,7	10,6	9,1	23,7
Mai........	0,4	0,5	1,9	0,0	0,2	0,2	0,7	9,8	8,6	24,2
Junius.....	0,2	0,7	2,0	0,4	0,7	0,6	1,2	8,4	8,0	25,7
Julius.....	0,0	1,3	2,1	0,7	0,7	0,6	1,2	9,7	7,1	27,7
August.....	1,0	1,5	2,9	0,5	1,7	0,6	1,5	10,4	6,2	25,8
September	2,5	2,2	2,9	2,3	2,3	4,0	2,0	8,8	10,2	25,6
October....	5,8	3,1	6,7	5,2	3,1	5,0	7,5	13,9	16,2	23,3
November..	5,5	4,5	6,0	7,2	1,9	9,2	9,3	12,8	15,3	20,9
December..	4,8	4,5	6,1	5,3	1,2	4,4	7,9	14,3	14,0	20,7

	London	Cuxhaven	Hamburg	Berlin	Moscau	Stuttgart	München	Tegernsee	Peißenberg	St. Gotthardt
Jahr........	33,8	29,4	52,3	33,6	18,2	38,8	47,1	134,6	132,9	277
Winter.....	40,5	40,2	36,5	41,3	22,0	32,5	39,3	27,0	28,5	20,5
Frühling...	15,0	14,6	20,3	10,1	20,9	15,9	12,5	25,4	24,1	25,5
Sommer...	3,6	12,0	13,4	4,8	17,0	4,6	8,3	21,2	16,0	28,5
Herbst......	40,9	33,3	29,8	43,8	40,1	47,0	39,9	26,4	31,4	25,5

Nach dieser Tabelle sind in London, Cuxhaven, Hamburg, Berlin, Stuttgart und München Nebel im Winter und Herbst offenbar viel häufiger als im Sommer, wo fast gar keine auftreten. Dieß hat daher seinen Grund, daß während der Boden noch vom Sommer her einigermaßen erwärmt ist, die Luft schon tiefer erkältet ist. Daher nehmen auch gegen das Frühjahr zu die Nebel wieder ab, indem Luft- und Boden-Temperatur gleichmäßig werden. Nur in Moscau sind im Sommer die Nebel fast eben so häufig, wie im Winter, welches daher rühren mag, daß die Temperatur im Winter so gering ist, daß der Niederschlag wegen des geringen Dampfgehalts der Atmosphäre nur unbedeutend sein könnte, und weil die Dampfmenge dort im Sommer weit größer ist, als im Winter. Aus der angeführten Tafel sieht man ferner, daß die Anzahl der jährlichen Nebeltage an den verschiedenen Orten sehr verschieden ist, auf dem St. Gotthardt ist sie fast zehnmal größer, als in den Ebenen. Im Allgemeinen sind die Nebel auf den Gebirgen häufiger, als in den Ebenen. Auf den trockenen Ebenen Asiens und Afrikas fehlen die Nebel fast gänzlich, doch wird die Luft dafür häufig durch aufgetriebene Sand- und Staubwolken, welche der Wind mit sich führt, verdunkelt. Wenn die Dämpfe, namentlich im Sommer, mit Schnelligkeit in die Höhe gerissen werden, so können sie (wie Kämtz bemerkt) durch partielle an den Wänden der Berge herabsinkende Stürme leichter condensirt werden. Diese Condensation wird im Sommer, wo der Dampfgehalt der Atmosphäre größer ist, als im Winter, weit auffallender sein. Daher steigt die verhältnißmäßige Zahl der Nebeltage im Sommer desto mehr, je höher wir aufsteigen, so daß auf dem Gotthardt der Sommer das Uebergewicht hat. Am häufigsten sind die Nebel in den Polarmeeren, namentlich auf dem nördlichen Theile des atlantischen Meeres, in der Nähe von New-Foundland. Der Grund dieser Nebel ist der Golfstrom, der sich hier von Osten nach Süden wendet und immer eine Temperatur hat, welche die der über ihn befindlichen Luft bei weitem übersteigt. Im Allgemeinen sind die Nebel am häufigsten an der Nähe der Küsten und großen Seen, wo die Luft stets mit Feuchtigkeit erfüllt ist, und wo ein schneller Temperaturwechsel häufiger einzutreten pflegt. Bekannt sind die Nebel an der niederländischen Küste, besonders zu Amsterdam, wo die Dunkelheit zuweilen

Digitized by Google

so groß wird, daß die Wagen an einander fahren und Fußgänger in die Kanäle gedrängt werden. Nach v. Humboldt herrschen starke und anhaltende Nebel auch an der Küste von Peru, so daß die Schifffahrt 4 bis 5 Monate wo nicht unterbrochen, doch sehr beschwerlich gemacht wird. Englands und Norwegens Küsten sind reich an Nebeln. — Oft lagern sich die Nebel in der Tiefe der Thäler, wo sie dann von den Höhen aus als weiße flockige Wolken erscheinen. In engen Thälern gleichen sie, besonders in heißen Sommernächten, einer Wasserfläche, in der sich die emporragenden Gegenstände abspiegeln. Noch häufiger sind aber die Spitzen der Berge in Nebel eingehüllt, welche von unten betrachtet, den Wolken gleichen, und oben die Aussicht in die Thäler und Ebenen verhindern.

Man unterscheidet häufig aufsteigende und niedersinkende Nebel. Sobald sich der Nebel an der Oberfläche der Erde niederschlägt, so erwartet man mit Recht heiteres Wetter, indem mit jedem solchen Niederschlage die Luft an überflüssiger Feuchtigkeit verliert. Beim Steigen des Nebels sammelt sich die Luft in der Höhe der Atmosphäre und kommt endlich von da als Regen wieder herab. Der aufsteigende Nebel verkündet daher Regen.

Die Nebel sind häufig übelriechend und dieses rührt dann stets von Stoffen her, die sich in Dampfgestalt oder in fein zertheiltem Zustande in der Atmosphäre befinden. Die riechenden Stoffe erheben sich entweder zugleich mit dem von der Erdoberfläche aufsteigenden Dampfe, oder werden mit der Luft aus ferneren Gegenden zugeführt. Daß viele riechbare Substanzen sehr geneigt sind mit der atmosphärischen Feuchtigkeit sich zu verbinden, kann man unter andern daraus entnehmen, daß viele Blumen erst in der feuchteren Abend- und Nachtluft zu duften beginnen. Am häufigsten sind aber die trockenen Nebel riechbar.

Die trockenen Nebel verbinden sich häufig mit feuchten Nebeln. Dunstförmige, die Luft verdunkelnde, trockene Substanzen, Rauch u. dgl. erheben sich namentlich an Orten, wo eine große Anzahl von Menschen zusammenwohnen, daher besonders in großen Städten. In London herrscht häufig ein starker Nebel, der die Luft so verfinstert, daß in den Kaufläden oft den ganzen Tag über Licht gebrannt werden muß, daß trotz der vortrefflichen Straßenbeleuchtung die Menschen gegen einander laufen und in den Straßen sich verirren. Oft herrscht während eines solchen Nebels in der Stadt, in der Umgegend ganz heiteres Wetter. Auch in anderen großen Städten, namentlich in Paris, kommt Aehnliches vor. Solche gemischte Nebel entstehen, wenn kältere Luftschichten über der Stadt lagern, die aufsteigenden Wasserdünste sich zu Nebel verdichten, und sich diese mit dem Rauche der Schornsteine u. s. w. vermischen, wodurch sie an Undurchsichtigkeit zunehmen und übelriechend werden. Von diesen gemischten Nebeln unterscheiden sich noch die ganz trockenen Nebel, welche aus Rauch und andern in Dampf- oder Staubform verflüchtigten Substanzen bestehen. Man sieht sie fast stets über größeren Städten, bald mit größerer, bald mit geringerer Dichtigkeit schweben. Die gewöhnlichen feuchten Nebel verdunkeln das Bild der Sonne je nach dem Grade ihrer Dichtigkeit. Sind die Nebelschichten

aber von ungleicher Dichte, so zeigen sie das Sonnenbild zuweilen matt oder bläulich weiß, zuweilen, und dieß ist am häufigsten, bräunlich roth. Trockne Nebel der Art, welche bald über größeren bald über kleineren Strecken, bald kürzere bald längere Zeit schweben, heißen: Höhrauch, Höhenrauch, Heerrauch, Haarrauch, Landrauch, Sonnenrauch, Heiderauch. Eine der großartigsten und bekanntesten hierher gehörigen Erscheinungen ist die des Höhenrauchs von 1783, von welchem Muncke folgende Beschreibung zusammengestellt hat. Derselbe zeigte sich am frühesten, nämlich am 24. Mai nach vorausgegangenem heitern Wetter in Kopenhagen, dann am 6. und 7. Juni in Rochelle, worauf er wieder verschwand, bis er am 18. Juni meistens nach vorausgegangenen Gewittern und kalten Winden sehr allgemein und von bedeutender Dicke zum Vorschein kam. Am 19. Juni beobachtete man ihn zuerst in Franeker, am 22. in Spydberga, am 23. auf dem St. Gotthardt und in Ofen, am 24. in Stockholm, am 25. in Moskau und gegen das Ende des Monats in Syrien. Derselbe verbreitete sich also über Norwegen, Schweden und Rußland, bedeckte das Meer zwischen Norwegen, und Holland, war über England eben so dick als über dem europäischen Continente, erstreckte sich bis 50 Meilen vom Lande ab über den atlantischen Ocean, zeigte sich mehr und minder anhaltend über Frankreich, Deutschland, Italien, dem adriatischen und mittelländischen Meere, und dehnte sich bis über einen Theil von Asien und Afrika aus. In der Regel war er gleichmäßig dicht und schien in ziemlich gleicher Höhe über der Erde zu schweben, insbesondere in denjenigen Gegenden, wo zugleich eine außerordentliche Dürre herrschte, an einigen Tagen erhob er sich jedoch, namentlich auf dem St. Gotthardt, dem Salève, dem Ventoux und den Alpen der Dauphiné bis zu 6000, ja 10000 F. Höhe, an anderen dagegen senkte er sich so tief herab, daß die Spitzen jener Berge über ihn hervorragten, in den meisten Gegenden aber schien er sich von oben herab zu senken. Seine Dicke nahm im Ganzen vom 18. Juni an zu, schien im Anfange des Monats Juli an einigen Orten abzunehmen, so daß man glaubte, er werde verschwinden, jedoch dauerte er mit wiederkehrender Stärke bis ans Ende desselben, zeigte sich in geringerem Maße an verschiedenen Orten noch zuweilen im August, in Kopenhagen aber dauerte er diesen ganzen Monat und verschwand endlich bis zum gänzlichen Aufhören am 26. September. Gleichzeitig herrschte fast überall Windstille oder ein schwacher Nordwind, jedoch waren die an einzelnen Orten zum Ausbruche kommenden Gewitter und die sie begleitenden Stürme nicht vermögend, ihn gänzlich zu zerstreuen, wenn sie ihn gleich etwas verminderten, wie denn namentlich dieses bei den heftigen Regen zu Franeker am 20. Juni der Fall war. Sein Verschwinden erfolgte an den verschiedenen Orten unter sehr ungleichen Umständen; an vielen war es mit Gewittern verbunden oder ging diesen voraus, z. B. in Paris nach einem schweren Gewitter am 21. Juli, in Narbonne dagegen nach einem vom 24. bis zum 26. Juli anhaltenden Nordwinde; in Havre de Grace war er am 31. Juli noch ungewöhnlich stark, verschwand aber nach dem Aufgange der Sonne. Eben so verschieden waren die ihn begleitenden Er-

scheinungen. An den meisten Orten herrschte eine unglaubliche Dürre und große Wärme, weßwegen auch der Wein so vorzüglich gerieth, und manche Gegner der eben in Anwendung gekommenen Blitzableiter glaubten, diese verhinderten die Bildung der Gewitter. Das Unzuverlässige einer solchen auf einseitig aufgefaßte Thatsachen gegründeten Vermuthung zeigte sich jedoch durch die starken Gewitter an andern Orten, namentlich das sehr anhaltende in Genf am 12. und 13. Juli, die gleich heftigen in Vicenza, Padua, Neapel u. s. w., deren durch Toaldo Erwähnung geschieht, welcher diesemnach glaubte, der Sommer sei durch viele und oft einschlagende Gewitter ausgezeichnet gewesen. Auch zu Kremnitz in Ungarn, zu Bezières und an verschiedenen anderen Orten waren die Gewitter ungemein zahlreich und heftig. Allgemein war die Luft sehr verdunkelt, und man konnte mit bloßen Augen die Sonne betrachten, die ein bräunlich rothes, am Morgen und Abende tiefbraunrothes oder blutrothes, zuweilen jedoch ein gelbes oder blaß-weißliches Ansehn hatte. Der Nebel zeigte durchaus keine Feuchtigkeit, vielmehr gaben die Hygrometer große Trockenheit an, und das Verdunsten des Wassers der Salzsoolen erfolgte nach Lamanon schneller als gewöhnlich; meistens verbreitete derselbe einen Geruch, welcher schwefelig genannt wird, gab an einigen Orten dem Wasser des Thaues einen unangenehmen Geschmack und machte es nachtheilig für die Pflanzen, so daß namentlich in Narbonne die Wein- und Olivenblätter dadurch verdorret sein sollen, wenn dieses nicht anders Folge der herrschenden Dürre war. In Gröningen und Moskau vergelbten gleichfalls die Blätter und Gräser, im Neapolitanischen soll der Nebel den Thau eisenhaltig gemacht haben. Des Vasquiers beobachtete aber, daß er die Farbe der frisch gefärbten Cattune angriff, und schloß hieraus auf die Anwesenheit von schwefeligsaurem Gas, in Gröningen und Friesland endlich wollte man bemerkt haben, daß er nicht bloß zum Husten reize, sondern auch das der Luft ausgesetzte Kupfer angreife. Durch alle diese Thatsachen wird man berechtigt, auf die Anwesenheit mineralischer Bestandtheile zu schließen. Als etwas sehr Auffallendes wird aber erzählt, daß in der Nacht des 20. Juli zu Bramley in Kent bei einem heftigen Gewitter der Blitz den Nebel entzündet habe, welcher dann nach dem Aufhören des Donners mit einem hellen und weißen Lichte, jedoch ohne alles Geräusch, so stark leuchtete, daß man dabei lesen konnte. Muncke meint, diese Erscheinung sei aus der vom Dunste unvollkommen abgeleiteten Elektricität zu erklären.

Große Aehnlichkeit mit dem eben beschriebenen hatte der Höhenrauch, welcher sich am 18. Aug. 1821 über England zeigte. Er zog in der Richtung von Norden nach Süden. Morgens beobachtete man ihn in Essex und London. Man konnte die Sonne mit bloßen Augen betrachten, indem dieselbe so weiß und seidenartig erschien, daß Landleute sie für einen Luftballon hielten. Am Abende des besagten Tages sah man den Höhenrauch in Paris, und am 19. erblickte man ihn in Viviers, wo er erst am 30. verschwand. — Ueber mehre Gegenden von Nord-Amerika verbreitete sich 1819 ein dichter schwarzer Nebel, der am 23. Nov. am stärksten zu Montreal in Canada war. Am Mor-

gen fiel während der Dauer desselben ein wie Tinte schwarzer Regen. Hierauf blieb es bis zum 25. heiter, da ließ sich Mittags ein so schwarzer Nebel nieder, daß man Licht anzünden mußte. Zugleich will man einen schwachen Erdstoß bemerkt haben, gewiß aber ist nur, daß um 3 Uhr ein Gewitter mit starkem schwarzen Regen erfolgte, worauf der Nebel verschwand. Aus chemischen Analysen ergab sich, daß die schwarze Substanz Ruß oder Kohlenstaub war und von großen Waldbränden herbeigeführt worden war. Trockene Nebel sind auch später, namentlich im nördlichen Deutschland beobachtet worden, wo sich zum Theil nachweisen ließ, daß sie eine Folge des Verbrennens der Wurzelfasern in den moorigen Gegenden Niedersachsens (des sogenannten Moorbrennens) waren. Schon aus diesem letzten Umstande scheint hervorzugehen, daß die trockenen Nebel ihren Ursprung dem Rauche und dem Ruße oder Kohlenstaube verdanken, der sich zu Zeiten von der Oberfläche der Erde erhebt. Sowohl an der Oberfläche der Erde geschehende, als unterirdische Brände, die sich in vulkanischen Erscheinungen äußern, können die Ursache sein. Daher finden wir auch, daß die bedeutendsten Erscheinungen von Höhenrauch in solche Zeiten fallen, die zugleich durch vulkanische Ausbrüche sich auszeichnen. So erzählen ältere Schriftsteller von einem bedeutenden Höhenrauche i. J. 526 n. Chr., welcher mit dem großen Erdbeben in Syrien zusammenfällt. Der Höhenrauch von 1764 war wahrscheinlich eine Folge des starken Rauchens des Aetna in diesem Jahre, und der große Höhenrauch von 1783 trifft mit dem schrecklichen Toben der isländischen Vulkane, namentlich des Skaptar-Jökul, zusammen. Bei dieser Gelegenheit wurde eine unermeßliche Masse vulkanischer Asche ausgeworfen, welche die Luft so verdunkelte, daß man in Island selbst die Sonne nur selten erblickte, und das ganze Land so davon eingehüllt war, daß es bis in die Mitte September die Seefahrer nur erst erblickten, wenn sie sich dicht in der Nähe der Küste befanden. In Persien trat ein Höhenrauch auf, nachdem i. J. 1721 in Tauris und Georgien ein starkes Erdbeben sich ereignet hatte. (Vergl. Art. Berge, feuerspeiende).

Nebelflecke heißen die am nächtlichen Himmel sichtbaren lichten Flecke, welche meist aus einer großen Anzahl scheinbar nahe bei einander stehender Fixsterne bestehen, die aber wegen ihrer zu großen Entfernung mit bloßen Augen nicht mehr als einzelne Sterne unterschieden werden können, sondern zusammen eine lichte Wolke bilden. Der ältere Herschel hat schon über dreitausend Nebelflecke entdeckt und es gelang ihm mit Hilfe seiner Teleskope viele derselben in einzelne Sterne aufzulösen. Andere Nebelmassen lösen sich indeß auch durch die besten Fernröhre nicht in einzelne Sterne auf. Von den eigentlichen Nebelflecken des Himmels unterscheiden sich die sogenannten Nebelsterne und Sternnebel. Jene sind eigentlich helleuchtende Fixsterne mit Kreisen und nebeligen Atmosphären, deren Grenzen sich allmählig verlieren; diese bestehen aus Fixsternen, die mit Nebeln von besonderer Gestalt, von der eines Pinsels, eines Fächers, einer Locke, einer Wulst und dgl., in Verbindung stehen. Herschel d. ä. unterschied 8 ver-

schiedene Arten von Nebelmassen. Der jüngere Herschel hat später, jener Eintheilung aufgebend, die Nebelflecke durch die Rectascension und Declination bestimmt. Einige Gegenden des Himmels sind reicher, andere ärmer an Nebelflecken. Die meisten Nebelflecke bilden zusammen eine Zone, welche ähnlich der Milchstraße einen größten Kreis um den ganzen Himmel bildet. Diese Nebelzone geht nahe durch die beiden Nachtgleichen-Punkte, und durchschneidet die eigentliche Milchstraße (welche übrigens selbst nur eine den übrigen ähnliche Nebelmasse ist, s. d. Art.) unter einem rechten Winkel. In den Sternbildern der Jungfrau, der Berenice und des großen Bären sind die Nebelflecke am meisten zusammengedrängt. Die äußerste Grenze der Nebelflecke ist in der Regel scharf abgeschnitten und der sie umgebende Theil des Himmels zeichnet sich durch Reinheit aus.

Zu den Sterngruppen, die schon durch das freie Auge oder durch schwache Fernröhre in einzelne Sterne sich auflösen lassen, gehören die Pleiaden, das Haupthaar der Berenice, eine lichte Wolke im Wehrgehenke des Perseus u. a.

Unter teleskopischen Gruppen versteht man die Nebelflecke, welche sich mit Hilfe stärkerer Fernröhre in einzelne Sterne auflösen lassen. Sie sind in der Regel von runder, oft genau kreisförmiger Gestalt. Die Menge der in ihnen zusammengedrängten Sterne ist unzählbar, indem nach Herschels Schätzung oft 10 bis 20000 Sterne in einem kugelförmigen Raume zusammengedrängt sind, dessen Oberfläche kaum ein Zehntel der Oberfläche des Vollmonds beträgt. Gewöhnlich sind die einen Nebelfleck bildenden Sterne scheinbar alle gleich groß, doch findet man zuweilen auch einen oder einige größere Sterne in der Mitte der Gruppe, die sich dann oft auch durch eine rothe Farbe auszeichnen, oder auch eigentliche Doppelsterne sind.

Die unauflöslichen Nebelmassen des Himmels bedecken oft mehre Quadratgrade des Himmels, und zeichnen sich durch ihr helleres Licht und durch eigenthümliches schuppen- oder fleckenartiges Ansehen aus. In vielen Nebeln bemerkt man einen durch hellere Farbe ausgezeichneten, in der Regel kreisrunden Theil, den Kern des Nebels. Die Nebel von regelmäßiger Gestalt haben, besonders wenn sie kreisrund sind, meistens einen hellen Kreis in der Mitte, dessen Umfang mit dem des ganzen Nebels concentrisch ist. Häufig finden sich 2 Nebel, welche durchaus zusammen zu gehören scheinen, und die man Doppelnebel nennt. Einige sind durch Nebelbänder mit einander verbunden, andere fließen in ihren nächsten Grenzen in einander, und zuweilen findet sich an dem einen eine Hervorragung, welcher eine Vertiefung an dem andern entspricht.

Die bisher erwähnten Nebel nehmen sämmtlich gegen ihre Mitte an Helligkeit zu, von ihnen unterscheiden sich die planetarischen Nebel. Diese erscheinen uns ganz so wie die Planeten als völlig kreisrunde, selten etwas ovale, scharf begrenzte Scheiben von mehren Secunden im Durchmesser, die durchaus dasselbe gleich starke Licht haben, indem sie an den Rändern eben so hell, wie in der Mitte sind. Ihr Umkreis ist jedoch zuweilen noch mit einem concentrischen nebeligen

Rande wie von einer Atmosphäre umgeben. Die Oberfläche derselben ist mit einem leichtschuppigen oder flockigen Lichte überzogen. Dieselben scheinen schwach leuchtende Körper von gewaltiger Größe zu sein.

Oft ist ein Fixstern von einem Nebel, wie von einer Atmosphäre umgeben; oft finden sich mehre einzelne Sterne in denselben Nebel eingeschlossen; oft endlich finden sich mannigfaltig gestaltete Nebelstrahlen in der Nähe der Sterne.

Besonders merkwürdig sind die **ringförmigen Nebel**. Der Ring des Saturns ist ein Beispiel eines solchen in unserm Planetensysteme, Im Allgemeinen sind es Nebelflecke, welche in ihrem Innern offen sind, also eine dunkle Stelle zeigen, in der bisweilen einer oder mehre Sterne, oder ein runder lichter Stern stehen.

Bei fortgesetzten Beobachtungen hat man namentlich an dem großen Nebel im Orion Veränderungen wahrgenommen, sowohl in Bezug auf den vom Nebel eingenommenen Raum, als auf die Vertheilung des Lichtes in ihm. Namentlich hieraus scheint sich zu ergeben, daß man wesentlich 2 Arten von Nebeln zu unterscheiden habe: erstens solche, welche entfernte Sterngruppen sind, und zweitens solche, die aus einer dünnen lichten Masse bestehen, wahrscheinlich der Materie, aus welcher sich bei zunehmender Concentration erst Kernnebel, dann planetarische Nebel, dann Fixsterne mit Nebelatmosphären und endlich scharf begrenzte Fixsterne bilden.

Nebenplaneten, Monde, Trabanten, Satelliten der Hauptplaneten heißen diejenigen an sich dunkeln Körper, welche sich um einen oder den andern Planeten unsers Sonnensystems und mit diesem zugleich um die Sonne herumbewegen. Unser Mond ist ein Nebenplanet der Erde, und eben so haben Jupiter, Saturn und Uranus Trabanten.

Nebenplaneten des Jupiter gibt es vier, welche i. J. 1610 von **Galiläi** entdeckt worden sind. Folgende Tafel gibt ihre Umlaufszeiten und Entfernungen von dem Mittelpunkte des Jupiter und die wahren Halbmesser derselben an.

	Umlaufszeiten in Tagen			Entfernungen		Halbmesser
	siderische	tropische	synodische	in Theilen des Jupiteräquators	in geogr. Meilen	in geogr. Meilen
I.	1,76914	1,76914	1,76987	5,818	54980	286
II.	3,55118	3,55118	3,55409	9,256	87470	230
III.	7,15455	7,15455	7,16638	14,765	139530	400
IV.	16,68902	16,68899	16,75355	25,969	245400	290

Wenn man durch Fernrohre den Jupiter und seine Monde beobachtet, so bemerkt man bald, daß bald der eine, bald der andere Mond plötzlich verschwindet und nach einigen Stunden weiter östlich wieder erscheint. Dieß sind offenbar Mondfinsternisse, welche durch den Schatten des Jupiter hervorgebracht werden, und man sieht zugleich daraus, daß sowohl der Jupiter als seine Monde an sich dunkle Körper sind, die ihr Licht erst von der Sonne empfangen. Durch scharfe Fernröhre kann man diese Monde auch an dem östlichen Rande in die Scheibe des Planeten eintreten und über diese nach dem westlichen Rande zu hingehen sehen. Dann folgen den Monden ziemlich gleich große, dunkle Flecke auf der Scheibe des Planeten, welche sich mit gleicher Geschwindigkeit auf den vom Monde zurückgelegten Wege hinbewegen. Diese Flecke sind die Schatten, welche die Monde auf den Planeten werfen, und für jeden Punkt des Planeten, auf welchen so der Schatten eines der Monde fällt, findet eine Sonnenfinsterniß statt.

Aus der Vergleichung der mittleren Längen der drei dem Jupiter nächsten Monde ergibt sich, daß für jede gegebene Epoche die Länge des ersten oder nächsten, sammt der Länge des zweiten, weniger der dreifachen Länge des dritten immer gleich 180° ist. Eben so ist die mittlere siderische Bewegung des ersten für irgend einen Zeitraum, sammt der doppelten des zweiten immer gleich der dreifachen Bewegung des dritten während derselben Zeit. Hieraus folgt, daß diese drei Monde niemals zugleich verfinstert sein können. Die Bahnen, welche die Nebenplaneten des Jupiter um ihren Hauptplaneten beschreiben, sind (wie dieses auch bei unserm Monde gegen die Erde der Fall ist) Ellipsen, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt des Jupiter liegt. Diese Bahnen haben sämmtlich gegen den Aequator des Jupiter eine nur geringe Neigung.

Es ist bekannt, wie man aus der Beobachtung der Finsternisse dieser Monde die Geschwindigkeit des Lichtes erkannt hat, s. d. Art. Licht S. 351. Ferner hat man sich derselben auch zu Bestimmung der geographischen Länge oder der Meridian-Differenzen der Beobachtungsorte auf der Oberfläche der Erde bedient, s. d. Art. Merdian.

Aus den vorhin angegebenen Größenverhältnissen der 4 Monde des Jupiter ergibt sich, daß in Bezug auf ihre Durchmesser der erste und vierte nahe doppelt so groß, als der Mond der Erde sind; der dritte hat einen fünfmal größeren Durchmesser als unser Mond, und der zweite ist ihm fast gleich. Von der Oberfläche des Jupiter erscheinen diese Monde in derselben Ordnung unter dem scheinbaren Durchmesser von 33, 17, 19 und 7 Minuten, von der Erde aber erscheint keiner dieser Durchmesser noch 2 Secunden groß. Besondes großartig muß der Anblick des Jupiter von seinen Monden aus sein, indem von dem nächsten Monde aus die Oberfläche des Jupiter 1370 mal größer erscheint als uns die Oberfläche der Sonne; von dem zweiten Monde aus 620, von dem dritten aus 240 und von dem vierten aus 78 mal größer. Dagegen hat die Sonne, vom Jupiter und seinen Monden aus gesehen, nur noch einen scheinbaren Durchmesser von 6 Minuten. Daher sehen die Bewohner des ersten oder nächsten Mondes die Ober-

fläche des Jupiter 37000, die des zweiten 14600, die des dritten 5800 und die des vierten 1800 mal größer, als sie die Sonne sehen, von welcher sie im Mittel 108 Mill. Meilen entfernt sind.

Wahrscheinlich bewegen sich auch die Monde des Jupiter, so wie der der Erde, zugleich einmal um sich selbst, während sie einmal ihre Bahn um den Jupiter zurücklegen. Dieß hat man namentlich aus Beobachtungen des vierten Jupiter-Trabanten geschlossen. Derselbe zeigt nämlich eine periodische Aenderung seines Lichtes, indem er immer dann am stärksten glänzt, wenn er weiter als Jupiter von der Erde entfernt ist, und am schwächsten, wenn er für uns diesseit seines Planeten steht, so daß er uns dort seine hellere, hier aber seine dunklere Seite zuzuwenden scheint.

Die ganze Theorie der Trabanten des Jupiter ist von Lagrange auf das Vollkommenste bearbeitet, und von Laplace noch erweitert worden. Hiernach hat Delambre genaue Tafeln berechnet. Die Massen der vier Monde sind 17, 23, 28 und 43 Milliontheile der Masse des Jupiter; hieraus und aus den angegebenen Größen ergeben sich die Dichtigkeiten gleich 1, 4, 3 und 4 Zehntheile der Dichte der Erde, und der Fall der Körper auf ihren Oberflächen in der ersten Secunde 8, 16, 20 und 19 Zehntheile eines P. Fußes.

Die Monde des Saturn sind 7 an der Zahl, und mit Ausnahme des sechsten sämmtlich so klein, daß man sie nur durch gute Fernrohre wahrnehmen kann. Der sechste aber übertrifft an Größe den Mars. In folgender Tafel sind die siderischen Umlaufszeiten dieser Monde um ihren Planeten, ihre mittleren Entfernungen von demselben und ihre Durchmesser zusammengestellt.

	Siderische Revolution in Tagen	Mittlere Distanz vom Mittelpunkte Saturns		Durchmesser in deutschen Meilen
		in Secunden	in Halbmessern Saturns	
I.	0,943	28,7	3,35	—
II.	1,370	26,8	4,30	—
III.	1,888	43,5	5,28	140
IV.	2,739	56,0	6,82	140
V.	4,517	78,0	9,52	360
VI.	15,945	180,0	22,08	1050
VII.	79,350	522,5	64,36	618

Auch diese Monde bewegen sich in Ellipsen um den Saturn, der in dem Brennpunkte dieser Bahnen steht. Diese Bahnen sind jedoch gegen die Bahnen des Saturn bei weitem stärker geneigt, als dieß beim Jupiter der Fall ist, und daher sind Finsternisse dieser Monde bei weitem seltener. Bei dem siebenten Saturn-Monde hat man ebenfalls einen regelmäßigen Lichtwechsel bemerkt, woraus man schließt, daß diese Monde, wie der Mond der Erde, in derselben Zeit einmal um ihre Axe und um ihren Hauptplaneten sich herumbewegen.

Die 6 Satelliten des Uranus sind noch weniger bekannt, als die des Saturn. Ihre siderischen Umlaufszeiten und ihre Entfernungen von dem Mittelpunkte des Uranus sind folgende:

	Siderische Umlaufszeiten in Tagen	Mittlere Entfernung in Halbmessern des Uranus
I.	5,89	13,1
II.	8,71	17,0
III.	10,96	19,8
IV.	13,46	22,7
V.	38,07	45,5
VI.	107,69	91,0

Mit der Bahn des Uranus sollen die Bahnen dieser Monde unter beinahe rechten Winkeln sich schneiden.

Littrow hat folgende Elemententafeln der verschiedenen Nebenplaneten mitgetheilt.

Elemente der Jupiter-Satelliten.

	Tropische Revolution			Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte Jupiters		Neigung der Bahnen gegen die des Jupiter		Länge des aufsteigenden Knotens in der Ekliptik		Wahrer Durchmesser in Meilen
				in Halbmessern der Erdbahn	in Halbmessern Jupiters					
I.	1 T.	18 St.	27,55 M.	0,00258	5,698	3°	18′	314°	40′	560
II.	3	13	13,70	0,00410	9,066	3°	46′	313°	45′	460
III.	7	3	42,55	0,00654	14,462	3°	26′	314°	24′	810
IV.	16	16	32,15	0,0115	25,436	2°	36′	316°	39′	566

	Scheinbarer Durchmesser		Masse, die des Jupiter = 1	Dichte, die des Jupiter = 1	Fall der Körper auf der Oberfläche in 1 Secunde. In Par. Fuß	Fall gegen Jupiter in 1 Secunde. In Par. Fuß	Bewegung in 1 Stunde in der Bahn. In Meilen
	Auf Jupiters Mittelpunkt	Mittlerer auf der Erde					
I.	33′ 16″	1″,4	0,00002	0,7	0,8	11,2	8800
II.	17′ 13″	1″,1	0,00002	1,7	1,6	4,4	7000
III.	19′ 0″	2″,0	0,00009	1,2	2,0	1,7	5500
IV.	7′ 32″	1″,4	0,00004	1,7	1,9	0,6	4200

Elemente der Saturn-Satelliten.

	Tropische Revolution	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt Saturns		Neigung der Bahn gegen die Saturns	Durchmesser in Meilen
		in Halbmessern der Erdbahn	in Halbmess. Saturns		
	T. St. M.				
I.	0 22 37,5	0,00132	3,185	28° 34′	—
II.	1 8 53,1	0,00170	4,088	28° 34′	—
III.	1 21 18,4	0,00201	4,835	28° 34′	104
IV.	2 17 44,8	0,00259	6,222	28° 34′	104
V.	4 12 25,2	0,00361	8,666	28° 34′	256
VI.	15 22 41,2	0,00832	20,000	28° 34′	680
VII.	79 7 53,7	0,02416	58,050	22° 42′	388

Elemente der Uranus-Satelliten.

	Tropische Revolution			Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt des Uranus	
				in Halbmessern der Erdbahn	in Halbmessern des Uranus
I.	5T.	21 St.	25 M.	0,00237	13,131
II.	8	17	1	0,00308	17,039
III.	10	23	4	0,00358	19,861
IV.	13	11	5	0,00411	22,776
V.	38	1	49	0,00823	45,550
VI.	107	16	40	0,01608	89,043

Neigung oder **Inklination** (v. d. griech. κλίνω neigen) **der Magnetnadel** heißt der Winkel, welchen eine Magnetnadel, die sich in der Ebene des magnetischen Meridians frei um ihren Schwerpunkt bewegen kann, mit dem Horizonte macht. Gesetzt ACB Fig. 1. ist eine Magnetnadel, welche um eine durch ihre Mitte C gehende Axe beweglich ist und in der Verticalebene ZCH einen ganzen Umkreis durchlaufen kann; so wird, wenn diese Ebene, in welcher die Nadel sich drehen kann, mit dem magnetischen Meridiane zusammenfällt und CH die Horizontale des Ortes der Aufstellung der Nadel ist, ACH die Neigung der Magnetnadel für diesen Ort sein. Die Nadel macht mit dem Horizont offenbar 4 Winkel, von denen je 2 einander gleich sind; man nimmt aber zur Bezeichnung der Neigung allemal den kleinsten dieser Winkel an, und zwar genauer den kleinsten Winkel, den ihre unter den Horizont gesenkte Hälfte macht. Daher ist die Neigung der Magnetnadel jedenfalls immer kleiner als 90°.

Wenn man eine Stahlnadel so aufhängt, daß genau ihr Schwerpunkt unterstützt ist, so wird sie stets in der Horizontalebene des Ortes, an dem sie aufgehängt ist, schweben. Magnetisirt man sie aber hierauf und hängt sie genau auf wie vorher, so wird sie nicht mehr in der Horizontalebene schweben, vielmehr wird sich das nordpolarische Ende derselben (an allen Punkten der nördlichen Halbkugel) unter den Horizont senken, also einen Winkel mit demselben machen, welcher die Neigung der Magnetnadel heißt. Es hat also ganz den Anschein, als wäre das nordpolarische Ende der Nadel schwerer als das südpolarische, als wäre also die Nadel nicht genau in ihrem Schwerpunkte unterstützt. Die

Neigung der Magnetnadel wurde im J. 1576 von Robert Normann entdeckt. Man hatte schon früher häufig Gelegenheit gehabt zu bemerken, daß die Magnetnadel bei der Annäherung gegen den Nordpol ihre Horizontalität verliere, hatte diesen Umstand aber durch die Annahme erklärt, daß die Nadel nicht genau unter dem Schwerpunkte unterstützt sei. Normann brachte am südpolarischen Ende der Nadel ein Gegengewicht an, um die Horizontalität der Nadel wieder herzustellen, und machte die Bemerkung, daß dieses Gegengewicht an den verschiedenen Beobachtungsorten verändert werden müßte. So entdeckte er die magnetische Neigung. Man fand daher bald, daß man, um das Phänomen vollständig zu beobachten, der Nadel eine solche Einrichtung geben müßte, daß sie sich frei im magnetischen Meridian bewegen kann. Diese Bedingung wird erfüllt, sobald man die Nadel in ihrer Mitte an einer Drehungsaxe aufhängt, welche senkrecht auf jener Ebene des magnetischen Meridians steht. Die Apparate, deren man sich bedient, die Neigung der Magnetnadel zu beobachten, werden Inklinationsboussolen, Inklinatorien, Neigungsnadeln genannt.

Wenn man mit einem derartigen Apparate z. B. von Berlin nach dem Nordpole der Erde zu reiset, so bemerkt man, daß mit zunehmender geogrophischer Breite, die Neigung der Nadel immer größer wird. Dieß ist der Fall, bis man sich bei dem magnetischen Pole der Erde befindet. Hier zeigt die Neigungsnadel eine Neigung $= 90°$ an. Reist man dagegen von Berlin nach dem Südpole der Erde zu, so nimmt anfänglich die Neigung der Magnetnadel immer mehr ab, sie wird endlich in der Nähe des Aequators $= 0$, d. h. die Magnetnadel stellt sich (wenn anders ihr Schwerpunkt genau unterstützt ist) in die Horizontalebene. Nähert man sich dem Südpole noch weiter, so sinkt nun das südpolarische Ende der Nadel unter den Horizont, und zwar immer mehr, je mehr man sich einem der magnetischen Südpole der Erde nähert.

Pouillet gibt folgende Beschreibung der Fig. 2., 3., 4. und 5. abgebildeten Inklinationsboussole. Fig. 3. zeigt die Nadel gg′ in der Breitenansicht, Fig. 4. zeigt dieselbe der Dicke nach. Die Durchschnitte S, S′, S″ geben eine Vorstellung von der Form derselben. EE′ ist eine Art von Zwinge oder Kupferring, der sich mit sehr starker Reibung um die Mitte der Nadel anpaßt; er trägt eine Axe von Kupfer CC′, welche in 2 kleine Cylinder von polirtem Stahl aa′ ausläuft. Diese bilden die Drehungsaxe der Nadel. Die mathematische Axe aa′ dieser beiden Cylinder muß durch den Schwerpunkt der Nadel gehen. Diese Bedingung zu erfüllen wird der Ring gehörig gestellt und in der genau abgepaßten Lage durch die beiden seitwärts angebrachten Schrauben v und v′ befestigt. Fig. 2. zeigt die aufgestellte Nadel. Der Rectangel, auf welchem sie ruht, ist ein wichtiges Stück der Boussole. Fig. 5. zeigt eine Seite desselben größer und in den Einzelheiten. Er ist zusammengesetzt aus einem festen Querstücke TT′, welches eine Schneide von Agat pp′ trägt, und aus einem anderen Querstücke MM′, das um die Axe A beweglich ist. Dieses trägt eine Gabel f, welche die Drehungsaxe der Nadel aufnimmt, wenn man sie

nicht länger auf der Agatschneide ruhen lassen will, und einen Halter R, welcher das Gleiten der Axe auf der Gabel verhindert. Diese Vorrichtung ist so angebracht, daß, so wie man die Gabel herabläßt, um die Beobachtung zu beginnen, die Axe der Nadel genau im Mittelpunkte des graduirten Kreises LL′ (Fig. 2.) sich befindet und genau senkrecht auf der Ebene dieses Kreises steht. Dieser graduirte Kreis LL′ steht senkrecht auf einer festen Platte PP′, welche auch das Gestell des Rectangels, ein Glasgehäuse CC′ und eine Richtwage NN′ trägt. Alles dieß ist beweglich um eine Axe XX′, deren Verlängerung durch den Mittelpunkt des Kreises LL′ geht und mithin durch den Schwerpunkt der Nadel. Ein an die Platte PP′ befestigter Nonius nn′ durchläuft den Azimuthalkreis ZZ′, um auf diesem in jedem Augenblicke die Winkel messen zu können, um welche man den Kreis LL′ verrückt hat. — Um nun mit diesem Instrumente die Neigung zu beobachten, nachdem die Abweichung der Magnetnadel (s. d. Art.) oder die Richtung des magnetischen Meridians schon bekannt ist, stellt man die Ebene des senkrechten Kreises LL′ in diese Richtung. Alsbald stellt sich die Nadel von selbst in die Richtung der Neigung. Will man nicht abwarten, bis sie sich in dieser Stellung fixirt hat, so beobachtet man, bis zu welchen Graden (am Kreise LL′) die Nadel bei den kleinen Oscillationen, welche sie macht, ausschlägt, und nimmt aus diesen das Mittel. Nach diesem ersten Resultate wendet man die Nadel so um, daß der vorher westlich gerichtete Theil der Drehungsaxe nun nach Osten steht, ohne aber zugleich die Pole der Nadel umzuwenden, und stellt die Beobachtung wie vorher an. Durch diese Umwendung, indem man das zuerst erhaltene Resultat der Beobachtung mit dem zuletzt erhaltenen vergleicht, erhält man ein Mittel, diejenigen möglichen Fehler der Beobachtung zu verbessern, welche aus einer Ungleichmäßigkeit in der Magnetisirung der Nadel, oder nicht völligen Genauigkeit in der Unterstützung des Schwerpunktes entstehen können. Da aber diese beiden Quellen eines möglichen Irrthumes nur erst unvollkommen compensirt sind, so magnetisirt man hierauf die Nadel im entgegesetzten Sinne, so daß das vorher nordpolarische Ende zum südpolarischen wird, und macht noch zwei Beobachtungen, indem man wie vorher die Nadel seitwärts umwendet. Das Mittel aus diesen vier Beobachtungen gibt erst genau die Neigung der Magnetnadel für den Ort der Beobachtung.

Die Vorherbestimmung der Abweichung kann man sich übrigens leicht ersparen. Denn da die Doppelkraft der Erde, welche auf die Nadel wirkt, in der Ebene des magnetischen Meridians enthalten ist, so wird die Nadel niemals zur Abweichung aus dieser Ebene bestimmt. Wenn daher die Ebene des Kreises LL′, in welcher sich die Nadel nur bewegen kann, nicht mit der Ebene des magnetischen Meridians zusammenfällt, sondern rechtwinklig dieselbe schneidet, so wird sich die Nadel stets in die Richtung der Linie stellen, in welcher die Ebene des Kreises LL′ und die Ebene des magnetischen Meridians sich schneiden, also vertical stehen. Man drehe nun die Ebene des Kreises LL′ erst so, daß die Nadel vertical steht, und hierauf stelle man den Kreis LL′ so ein, daß er eine Stellung einnimmt, welche mit der vorhin beobach-

teten einen Winkel = 90° macht (die Messung des Winkels geschieht am Azimuthalkreise), so hat man die Ebene desselben sicher in die Richtung des magnetischen Meridians gestellt. Noch einfacher ist es, durch einige Versuche dasjenige Azimuth zu bestimmen, bei welchem die Nadel die geringste Neigung hat. Diese kleinste Neigung ist die wahre magnetische Neigung der Magnetnadel, denn nach jeder Seite hin weicht die Nadel nach der verticalen Richtung zu ab.*)

Die größte Schwierigkeit bei der Herstellung eines Inklinatoriums liegt immer darin, daß es fast unmöglich ist eine Magnetnadel zu verfertigen, deren Schwerpunkt genau in ihrer Axe liegt, weil schon bei der Bearbeitung der Nadel dieselbe etwas magnetisch wird. Man darf daher bei den Beobachtungen niemals unterlassen, die oben angegebenen Umwendungen der Nadel vorzunehmen. Die Nadel wird nach Baumgartner am Besten aus gutem Stahl in parallelepipedischer Form gemacht, mit einer Länge von 10 P. Z., einer Breite von 4 L., und einer Dicke von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ Linie. Bei diesen Dimensionen hat man weder zu befürchten, daß sie ein zu großes Gewicht habe, noch daß sie sich biege. Zieht man auf beiden Seiten einer solchen Nadel eine gerade, durch die Drehungsaxe gehende, mit einer Kante parallele Linie, so kann diese als Merkzeichen dienen, wenn man es nicht etwa vorzieht, nebst dieser auf die ganze Länge der Nadel sich erstreckenden Linie noch an jedem

---

*) Pouillet gibt folgende sehr einfache geometrische Construction an, welche erläutert, wie die Nadel sich stellt, während der verticale Kreis der Boussole einen ganzen Umkreis um den Azimuthalkreis beschreibt. In Fig. 6. bezeichnet VM die Richtung des magnetischen Meridianes. C ist der Mittelpunkt der Nadel, A der herabgeneigte Pol derselben und CA die Richtung, in welcher die Nadel sich stellt, so daß die Verlängerung AF die Richtung der magnetischen Kraft der Erde bezeichnet; ACH ist der Neigungswinkel, und ACV der Winkel, den die Nadel mit der Verticallinie CV macht. Wenn wir um AV als Durchmesser einen Kreis beschreiben, so wird dieser der geometrische Ort aller Stellungen sein, welche der Pol A einnimmt, während der Verticalkreis des Instrumentes den ganzen Umfang des Azimuthalkreises durchläuft, oder sich um CV herumbewegt. In der That, sobald der Verticalkreis in der Richtung VP′ steht, muß der Pol A nach A′ fallen und die Nadel in der Richtung CA′ stehen; denn da AA′ senkrecht auf VP′ steht, so ist die Ebene CAA′ senkrecht auf der Ebene CVP′; da die Kraft der Erde, welche gegen A′ wirkt, AF parallel ist, so liegt sie in der Ebene CAA′, und kann folglich in zwei andre Kräfte zerlegt werden, nämlich AA′, die als senkrecht auf die Ebene (des Verticalkreises) CVP′ (in dem allein die Nadel sich bewegen kann) aufgehoben wird, und eine andere, welche in der Richtung der Verlängerung von CA′ wirkt, welche ebenfalls aufgehoben ist, sobald die Nadel in der Richtung CA′ sich befindet, weil sie dann gegen den festen Punkt C wirkt. Die Stellung CA′ ist folglich die Stellung des Gleichgewichtes der Nadel. Während der Umdrehung des Verticalkreises um CV bewegt sich folglich die Nadel in der

Ende mehre andere zu ziehen, welche die Stelle eines Nonius vertreten können. Die Nadel spitzig zu machen, wie Viele thun, oder sie aus zwei an den Basen verbundenen Kegeln zusammen zu setzen, wie Le Noir gethan, ist minder rathsam, weil erstere sich besser und regelmäßiger magnetisiren lassen. Der Stahl muß gehärtet sein, damit er die magnetische Polarität dauerhaft an sich halte. Die Axe, um welche sich die Nadel drehen soll, muß genau cylindrisch sein und auf der Ebene der Nadel senkrecht stehn. Es ist gut, wenn sie an beiden Enden in feine Spitzen ausläuft und mittelst dieser auf den Pfannen ruht. Sie wird aus Stahl gemacht und nur wenig gehärtet. Die Pfannen müssen aus Achatplatten bestehen, die zur bessern Fixirung einer bestimmten Lage der Nadel etwas ausgehölt sein sollen. Sie müssen sich durch besondere Schrauben reguliren und in eine solche Lage bringen lassen, daß die darauf gelegte Nadel sich in der Ebene des getheilten Kreises bewegt und ihre Drehungsaxe genau durch den Mittelpunkt dieses Kreises geht. Von Wichtigkeit ist es, daß die magnetische Axe der Nadel ihre Drehungsaxe schneide und mit ihren Kanten parallel laufe. Dieses wird erreicht, wenn man beim Magnetisiren gehörig verfährt. Zu diesem Ende wird die Nadel in ein ebenes Bret eingelassen, und ihr zur Seite in paralleler Richtung eine etwas hervorstehende grade Leiste angebracht, die dem zum Magnetisiren gebrauchten Magnet zum Führer dient. Man thut am besten, zu letzterem zwei gleiche, parallelepipedische Stäbe anzuwenden, deren entgegengesetzte Pole man auf die im Brete aufwärts gekehrte Fläche der Nadel so stellt, daß sie dieselbe der ganzen Breite nach decken und zugleich an jene Führleiste anstehen. Hat man sie mit gleicher Stärke und Geschwindigkeit einige Male hin- und hergeführt, so kehrt man die Nadel um und verfährt

---

krummen Oberfläche eines schiefen Kegels, dessen Spitze C und dessen Grundfläche der Kreis AA′ VA″ ist.

Hieraus ergibt sich noch eine andere Methode die Neigung zu finden, ohne die Abweichung zu kennen; denn die Linien VA, VA′ und VA″ und die übrigen ähnlichen Linien können als die Tangenten der Winkel betrachtet werden, welche die Nadel mit der Senkrechten in den verschiedenen Azimuthen VAM, VP′, VP″ u. s. w. macht. Nun hat man aber für 2 Azimuthe wie VP′ und VP″, welche unter einander einen rechten Winkel machen,

$$VA'^2 + VA''^2 = A'A''^2 = VA^2.$$

Da die Winkel VCA′ und VCA″ durch die Beobachtung bekannt sind, so nehme man die Summe der Quadrate ihrer Tangenten, um das Quadrat der Tangente VA zu haben, welche die Tangente des Complements des Neigungswinkels ist. Macht man auf diese Weise mehre Beobachtungen von je zwei Richtungen des Verticalkreises, die senkrecht auf einander stehen, und nimmt aus den Resultaten das Mittel, so kommt man zu einem Werthe der Neigung, welcher so viel als möglich von allen Fehlern befreit ist, die sich aus der Unregelmäßigkeit in der Magnetisirung und Gleichgewichtsstellung der Nadel ergeben können.

eben so mit der andern Fläche derselben. Um sich zu überzeugen, daß die Nadel den nöthigen Grad des Magnetismus angenommen habe, soll man sie nach dem Streichen in den Kreis einsetzen und ihren Stand beobachten, hiernach abermals einige Striche auf die vorhergenannte Weise anbringen, und ihren Stand im Kreise wieder beobachten. Findet man im letztern Falle die Neigung nicht größer, so hat die Nadel bereits den nöthigen Grad von Stärke erhalten. Doch darf man nicht vergessen, daß sie diesen Grad nicht immer behält, sondern besonders durch die Einwirkung der Wärme eine Schwächung erleidet. Ist die Nadel in Betreff aller bis jetzt besprochenen Punkte in Ordnung, so muß man noch ihre Empfindlichkeit beurtheilen. Um diese kennen zu lernen, neigt man sie, wenn die Axe in den Pfannen ruht, läßt sie dann frei und sieht zu, ob sie wieder auf den vorigen Stand kommt. Letzteres ist für eine brauchbar sein sollende Nadel unerläßlich. Eine fernere Operation bei Herstellung des Inklinatoriums ist das Justiren der Nadel, wodurch man untersucht, ob ihr Schwerpunkt in der Axe liege oder nicht. Ist nämlich die Nadel so weit ausgearbeitet, daß man ihr die Adjustirung zu geben hat, so glüht man sie aus, um ihr allen Magnetismus zu benehmen, legt sie dann mit der Axe in die dazu bestimmten Pfannen und sieht zu, ob sie in jeder Lage im Gleichgewicht steht oder nicht. Dabei soll aber die Axe von Nord nach Süd gerichtet sein, und daher die Nadel von Ost nach West sich bewegen, damit sie nicht etwa vom Erdmagnetismus eine schädliche Einwirkung während der Probe erfahre. Bleibt sie da in jeder Lage im Gleichgewichte, selbst nachdem man sie verkehrt in die Pfannen gelegt, so kann man sie als justirt ansehen; ist dieses nicht der Fall, so muß man da, wo es nöthig ist, durch Wegschleifen zu Hilfe kommen. Dieses darf aber nicht mit einem stählernen Werkzeug geschehen, (so wie überhaupt die Nadel nicht weiter mit Stahl oder Eisen berührt werden soll), sondern man muß die überflüssige Masse mittelst eines Schleifsteines wegnehmen. Man darf nicht erwarten, auf solche Weise eine justirte Nadel zu erhalten; wohl aber wird man voraussetzen können, daß sich dadurch der Justirungsfehler bis auf eine sehr kleine Größe vermindern läßt und daß man sich dann die Erlaubniß nehmen darf, das arithmetische Mittel aus der Neigung bei einer bestimmten Magnetisirung der Nadel und aus der bei der entgegensetzten Magnetisirung als wahre Neigung anzusehen, welches nicht der Fall wäre, wenn der Justirungsfehler eine merkliche Größe überschritte.

Coulomb hat zur Bestimmung der Neigung ein anderes Mittel angegeben, welches als sehr genau empfohlen worden ist, aber (nach Pouillet) drei verschiedenen Quellen des Irrthums ausgesetzt ist. Er geht von dem Principe aus, daß die Summe der Momente aller Kräfte, welche eine horizontale Nadel in den magnetischen Meridian zu führen streben, durch die Formel $\frac{P\,l^2}{3\lambda}$ gegeben ist. P ist das Gewicht der Nadel, l die Hälfte ihrer Länge, λ die Länge des einfachen Pendels, welches seine Oscillation in derselben Zeit, wie die Nadel, macht (vergl. d. Art. Magnet u. Pendel). Dieses Princip ist genau richtig, aber

es setzt erstens voraus, daß die Nadel eine Regelmäßigkeit der Gestalt und eine Kleinheit in ihren transversalen Dimensionen hat, welche man ihr niemals geben kann, und zweitens, daß sie um eine durch ihren Schwerpunkt gehende verticale Axe oscillirt, welches niemals der Fall ist, sobald die Neigung einigermaßen bedeutend ist. Wenn man dieses jedoch voraussetzt, so ist es leicht den Zahlenwerth dieser Summe der Momente zu finden. Bei der Nadel, deren sich Coulomb bediente, war $P = 88{,}808$ Gr., $l = 213{,}3$ Millim., und da sie 50 Schwingungen in 495 Secunden machte, so ergibt sich $\lambda = 994 \left(\frac{495}{50}\right)^2$ und hieraus das horizontale Moment $\frac{Pl^2}{3\lambda} = 13{,}824$ Gr. auf 1 Millimeter Abstand vom Centrum der Nadel. Um hierauf das verticale Moment zu finden, hängt man die Nadel gleich einem Wagebalken auf eine Axe, die ziemlich genau durch den Schwerpunkt geht; man sucht das Gegengewicht, welches man an dem Südpole anbringen muß, um die Nadel zur Horizontalität zurück zu führen. Dieses Gegengewicht war bei dem Versuche von Coulomb 0,2 Gr. in 170,5 Millimeter Abstand von der Axe. Dieses Resultat würde genügen, wenn die Axe wirklich genau durch den Schwerpunkt gehen könnte, aber um sich in dieser Beziehung sicher zu stellen, magnetisirt man die Nadel im entgegengesetzten Sinne, und bei dieser Gelegenheit ergibt sich eine dritte Quelle des Irrthums. Denn man muß sie so magnetisiren, daß sie wie das erste Mal 50 Schwingungen in 495 Sec. macht, welches außerordentlich schwer ist. Ist dieß jedoch gelungen, so legt man sie wieder auf ihre Axe, deren Stellung nicht verändert sein darf, und sucht aufs Neue das Gegengewicht, welches sie horizontal macht. Dasselbe betrug 0,2093 Gr. in 194,5 Millim. Abstand von der Axe. Das Mittel aus beiden Gegengewichten gibt 37,348 Gr. für 1 Millimeter Abstand, so daß, wenn die im horizontalen Sinne wirkende Kraft der Erde durch 13,824 dargestellt ist, die im verticalen Sinne wirkende durch 37,348 gegeben ist. Hieraus ergibt sich als die Tangente des Winkels, welchen die gegen die Nadel in der Ebene des magnetischen Meridians wirkende Erdkraft mit dem Horizont macht, $= \frac{37{,}348}{13{,}824}$. Der zu dieser Tangente gehörige Winkel 69° 41′ ist die Neigung der Magnetnadel. So fand sie Coulomb um das J. 1798 in Paris.

Um einen Begriff zu erhalten von der Art, wie die Neigung der Magnetnadel für einen bestimmten Ort im Verlaufe der Zeit sich ändert, vergleiche man folgende Zusammenstellung der Neigungen für die einzelnen Jahre, wie sie zu Paris beobachtet wurden; wobei jedoch zu bemerken, daß die Angaben der Neigung vor 1798 nicht das Mittel aus vier Beobachtungen sind, daher mit ziemlich ansehnlichen Fehlern behaftet sein können. Die Neigung der Magnetnadel zu Paris war im Jahre 1671: 75°; 1754: 72° 15′; 1776: 72° 25′; 1780: 71° 48′; 1791: 70° 52′; 1798: 69° 51′; 1806: 69° 12′; 1810: 68° 50′;

1814: 68° 36′; 1816: 68° 40′; 1817: 68° 38′; 1818: 68° 35′; 1819: 68° 25′; 1820: 68° 20′; 1821: 68° 14′; 1822: 68° 11′; 1823: 68° 8′; 1824: 68° 7′; 1825: 68° 0′; 1826: 68° 0′; 1827: 68° 0′; 1828: 68° 0′; 1829: 67° 41′. Man sieht hieraus, daß die Neigung zu Paris seit 1671 im Abnehmen ist, daß aber die Größe dieser Abnahme in den verschiedenen Jahren merklich verschieden ist.

Da die Magnetnadel das wichtigste Instrument für die Schifffahrt ist, so hat man sich, seit man ihr Wesen überhaupt näher erkannt hat, mit der Beobachtung sowohl ihrer Neigung, als ihrer Abweichung angelegentlich beschäftigt. Ablenkung und Abweichung sind Einwirkungen des Erdmagnetismus auf die magnetische Nadel. S. d. Art. Magnet. Der Standpunkt unserer Kenntnisse über das Wesen des Erdmagnetismus kann nicht vollständiger angegeben werden, als indem ich den von Becquerel in seiner neuesten Schrift*) gegebenen Abriß der Geschichte der Untersuchung über den Erdmagnetismus seit 1790 mittheile.

I. Periode von 1790 — 1820.

Zur Bestimmung der magnetischen Kraft des Erdballs — für jeden einzelnen Punkt seiner Oberfläche — sind 3 Elemente nöthig, die Neigung, die Abweichung und die Anzahl der Oscillationen, welche die Magnetnadel macht. Die Neigung und Abweichung geben die Richtung jener Kraft, die Anzahl der Oscillationen ihre *Intensität*. Die ersten Versuche zu gleichzeitiger Beobachtung dieser 3 Elemente machte Halley um 1700, aber seine Beobachtungen, so wie die, welche nach ihm gemacht wurden, sind größtentheils unbrauchbar, weil die Nadeln, deren man sich bediente, weder ähnlich, noch unter einander verglichen waren. Seit 30 Jahren hat man jedoch aus den verschiedensten Gegenden mit vergleichbaren Instrumenten angestellte Versuche. Seit langer Zeit bemüht man sich den magnetischen Aequator zu bestimmen, d. h. diejenige Linie, welche von den Punkten der Erdoberfläche gebildet wird, an denen die Neigung der Magnetnadel gleich Null ist. Anfangs glaubte man, daß diese Linie ein größter Kreis der Erde sei, welcher ungefähr 12 Grad gegen den Aequator geneigt wäre und diesen in 2 Punkten oder Knoten schnitte, deren einer der westlichste, ungefähr unter 115° 34′ westlicher Länge von Paris, und deren anderer bei 295° 34′ westlicher Länge läge. Biot suchte zu beweisen, daß zwischen 256° westlicher Länge und 158° 50′ der magnetische Aequator den Erdäquator wenigstens noch einmal schneidet. Hiernach würde es wenigstens 3 und vielleicht 4 Knoten geben. Morlet suchte die Stellung jener Knoten und die wahre Gestalt des magnetischen Aequators genau zu bestimmen, indem er von Beobachtungen ausging, die an Punkten angestellt waren, wo die Neigung sehr gering war. Auch Hansteen suchte den magnetischen Aequator zu bestimmen. Beide Physiker legen im Ganzen den magnetischen Aequator zwischen Afrika und Amerika südlich vom Erdäquator. Die größte Entfernung die-

*) Traité experimental de l'électricité et du magnétisme par M. Becquerel. Paris 1834. 1835. (3 Theile.)

ser Curven entspricht ungefähr 25° westlicher Länge und beträgt in der Charte von Hansteen 13° bis 14°. Man findet einen Knoten in Afrika unter 22° ö. L., welchen Morlet 4° weiter nach Westen legt. Geht man von diesem Knoten aus, indem man nach der Küste des indischen Meeres vorrückt, so entfernt sich die Linie ohne Neigung schnell gegen Norden vom Aequator, tritt ein wenig südlich vom Cap Guardafui aus Afrika und erreicht im arabischen Meerbusen seine größte nördliche Abschweifung (ungefähr 12°) unter 62° ö. L. Zwischen diesem Meridian und dem 174° der Länge liegt der magnetische Aequator fortwährend auf der nördlichen Halbkugel. Die Linie schneidet die indische Halbinsel ein wenig nördlich vom Cap Comorin, geht durch den bengalischen Meerbusen, indem sie sich dem Erdäquator nähert, von dem sie am Eingange des Meerbusens vom Siam nur 8° entfernt ist, steigt hierauf gegen Norden, berührt fast die Nordspitze von Borneo, geht über die Insel Palawan, den Ort, welcher die südlichste Insel der Philippinen von der Insel Maghindano trennt, und befindet sich unter dem Meridian von Waigiou aufs Neue bei 9° n. B. Von da geht der magnetische Aequator durch die Carolinen, senkt sich dann schnell gegen den Erdäquator und durchschneidet ihn nach Morlet unter 174°, nach Hansteen unter 187° ö. L. Bei weitem weniger Ungewißheit herrscht über die Lage eines zweiten Knoten, der ebenfalls im stillen Meere liegt, uud dessen westliche Länge ungefähr 120° sein soll. Aber während Morlet annimmt, daß der magnetische Aequator den Erdäquator nur berührt und sich dann sogleich gegen Süden wendet, geht nach Hansteen die Linie ohne Neigung auf die nördliche Halbkugel über, und nach einer Ausdehnung von ungefähr 15° L. schneidet sie hernach aufs Neue den Gleicher bei 23° Abstand von der Westküste Amerikas. Uebrigens entfernt sich der magnetische Aequator nach Hansteen von dem Erdäquator nicht weiter als anderthalb Grad, und überhaupt ist diese Linie, von der, welche Morlet angibt, in der Richtung der Breiten-Grade nirgends 2 Grad entfernt.

Der magnetische Aequator scheint nach den directen Beobachtungen der Knoten eine jährlich fortrückende Bewegung von Westen nach Osten zu haben. Die beiden Knoten nach Hansteen und der Berührungspunkt nach Morlet in dem Südmeere, liegen zwischen 108° und 126° w. L. Im J. 1819 fand Freycinet, daß dieser Knoten in der Nähe des 132° der Länge lag, und nach Sabine lag der Knoten des Festlandes i. J. 1780 ziemlich weit von den Küsten und ist seitdem von Osten nach Westen bis in den atlantischen Ocean vorgerückt. Morlet hat bereits von dieser vorrückenden Bewegung des Aequators gesprochen; er hat ferner sehr wahrscheinlich gemacht, daß von der Gestalt und Stellung des magnetischen Aequators von einem Pol bis zum andern die Richtung abhängt, nach welcher in jedem Punkte der Erdoberfläche die jährlichen Veränderungen der Magnetnadel stattfinden. Er verstand unter magnetischer Breite eines Punktes die Entfernung dieses Punktes von dem magnetischen Aequator, gemessen auf dem magnetischen Meridiane, den er als einen größten Kreis betrachtete, und

fand, daß die Neigung der Nadel da abnimmt, wo die fortrückende Bewegung des Aequators eine Verminderung der magnetischen Breite bewirkt und im Gegentheil überall zunimmt, wo die magnetische Breite wächst. Auf jeder Seite des Aequators nimmt die Neigung zu, je mehr man sich von ihm entfernt, aber mit dem Unterschiede, daß auf der südlichen Halbkugel die Südspitze, auf der nördlichen die Nordspitze der Magnetnadel unter den Horizont sinkt. Man hat untersucht, zu welchen Resultaten man kommen würde, wenn man sich auf denjenigen Theil der Erdkugel beschränkte, für welchen der magnetische Aequator beinahe kreisförmig ist, welcher Theil Europa, den atlantischen Ocean und die Ostküste Amerikas umfaßt. Man fand, daß die Neigung beinahe gleich war auf den Parallelen, welche in gleicher Entfernung von diesem Aequator abstanden, und daß hiernach die größte Neigung an 2 entgegengesetzten Punkten der Erde stattfinden würde, deren einer gegen Norden ungefähr unter 25° w. L. und 76° n. Br. läge, und der andere diametral gegenüber bei 205° w. L. und 76° s. Br. Diese Punkte wären die Pole des magnetischen Aequators, wenn derselbe durchaus kreisförmig wäre. Diese Annahme wurde aber schon durch die Beobachtungen widerlegt, welche 1818 die Engländer in den nördlichen Meeren anstellten. Sie kamen bis zu 63° der Länge auf dem Parallelkreise von 75° und fanden bedeutende Neigungen, die über 84° gingen, und westliche Abweichungen, welche bis 87° gingen. Hiernach läge der wahre magnetische Pol westlicher, als die erwähnten Annahmen ihn setzen. — Biot und Humboldt haben zu beweisen gesucht, daß, wenn man in dem Mittelpunkte der Erde einen Magnet annähme, dessen Pole sehr nahe an diesem Mittelpunkte lägen, man von der Wirksamkeit dieses Magnetes die Neigung der Magnetnadel ziemlich genau der Erfahrung entsprechend durch Rechnung ableiten könne. Auch Mayer hat eine ähnliche Behauptung aufgestellt. Diese Hypothese zweier magnetischen Mittelpunkte gibt für den magnetischen Aequator einen größten Kreis, welches mit den Beobachtungen nicht übereinstimmt. Biot und Humboldt mußten daher noch einen besondern magnetischen Mittelpunkt annehmen, dessen Wirkung mit denen der beiden andern sich verbände. Doch würde zur völligen Erklärung der verschiedenen Beugungen des magnetischen Aequators die Annahme noch mehrer magnetischen Mittelpunkte nöthig sein.

Die Seefahrer haben auch die Linien ohne Abweichung zu bestimmen gesucht. Sie erkannten, daß dieselben schiefe Richtungen gegen die magnetischen Meridiane verfolgten und sehr unregelmäßige Biegungen zeigten. Neuere Beobachtungen zeigten, daß eine Linie ohne Abweichung in dem atlantischen Ocean zwischen der alten und neuen Welt liege, welche den Meridian von Paris bei einer südlichen Breite von ungefähr 65° schnitte, daß sie von da nach Nordwest bis zum 35° der Länge stiege, worauf sie fast nordsüdlich würde und längs den Küsten von Brasilien hingehe. Diese Linie ist seit ungefähr anderthalb Jahrhunderten bedeutend von Osten nach Westen fortgerückt; diese Fortrückung aber ist nicht gleichmäßig geschehen. Es gibt noch eine zweite Linie ohne Abweichung, welche jener ersten entgegengesetzt ist, und die sich in der Nähe

des großen Archipel theilt; der neue Arm richtet sich von Süden nach Norden und geht wieder in den östlichen Theil Sibiriens. Diese beiden Zweige verändern ihre Lage entweder gar nicht, oder bewegen sich langsam. Denn die Abweichung bei Neuholland scheint seit ungefähr 150 Jahren sich nicht bedeutend geändert zu haben. Cook hat auch eine vierte Linie ohne Abweichung in der Nähe der größten magnetischen Beugung beobachtet, aber sie ist nicht weiter verfolgt worden, so daß man ihren Lauf nicht kennt. Die Seefahrer haben auch die Reihe von Punkten zu bestimmen gesucht, wo die Abweichung am größten war. Cook fand eine derartige Linie in der südlichen Hemisphäre bei 60° 49′ Br. und 93° 45′ w. L., vom Meridian von Paris aus gerechnet. Auf der andern Halbkugel hat man Abweichungen gefunden, welche beinahe bis 90° gingen. In den Gegenden, wo die Neigung bedeutend ist, muß die horizontale richtende Kraft sehr schwach sein; auch üben die Eisenmassen, welche sich auf den Schiffen finden, oder die Nähe von Eisenminen einen bedeutenden Einfluß auf die Magnetnadel aus. Diesem Umstande hat man die außerordentlichen Ablenkungen zugeschrieben, welche man in der Nähe der Pole gefunden hat.

Man machte in London die Bemerkung, daß die Neigung ähnliche, aber geringere tägliche Variationen erfahre, als die Abweichung. Nach den Beobachtungen, welche auf dem Cap der guten Hoffnung seit 1751 bis 1792 gemacht wurden, ergibt sich eine fortschreitende Zunahme von 5° in der Neigung.

Die ersten genauen Beobachtungen über die Intensität der magnetischen Kräfte der Erde verdanken wir Humboldt und Rossel. Diese machten die Entdeckung, daß die magnetische Intensität von dem magnetischen Aequator nach den Polen hin zunimmt. Einzelne wichtige Beobachtungen sind auch von Freycinet und mehren englischen Seefahrern nach den Polargegenden gesammelt werden. Humboldt bemühte sich bei seinen magnetischen Beobachtungen besonders das Gesetz zu bestimmen, nach welchem in den verschiedenen Breiten die Intensität der magnetischen Kräfte variirt. Derselbe fand, daß dieselbe Deklinationsnadel, welche zu Paris 245 Oscillationen in 10 Minuten gegeben hatte, zu Cumana (10° 28′ n. Br.) nur noch 229, zu San Carlos del Rio negro (1° 53′ n. Br.) 216, und unter dem magnetischen Aequator 211 Oscillationen machte. Diese Beobachtung unter dem Aequator wurde im Septbr. 1802 gemacht, und einen Monat später sah er die Intensität in der südlichen Hemisphäre wieder zunehmen, so wie er sich von dem magnetischen Aequator entfernte. Humboldt zeigte ferner, wie die magnetischen Kräfte nach Zonen regelmäßig variiren.

Die große magnetische Intensität, welche zu Neu-Carthagena in der Havanna und zu Mexico beobachtet wurde, beweist, daß die Verringerung der Beobachtungen unter dem magnetischen Aequator nicht einer Schwächung in dem Magnetismus der Boussole zugeschrieben werden kann; überdieß hat sich Humboldt auf eine indirecte Weise überzeugt, daß sich der Magnetismus der Nadel nicht verändert hatte. Er ließ die Nadel im magnetischen Meridian und in der dagegen senkrechten

Ebene oscilliren und fand, daß die aus diesen beiden Beobachtungen durch Rechnung abgeleitete Neigung der durch directe Beobachtung gefundenen gleich war. Aus der Vergleichung der Größe der Intensität, die zu Neu-Carthagena (unter 10° 25′ n. Br.) im April 1800 durch 240 Oscillationen ausgedrückt wurde, mit der Intensität zu Madrid (unter 40° 15′ n. Br.), welche sich durch 241 Oscillationen darstellte, leitete dieser berühmte Reisende ab, daß die isodynamischen*) Linien und die Linien gleicher Neigung nicht parallel sind. Zu Madrid war 1798 im Octbr. die Neigung 77° 62′ und zu Neu-Carthagena bald darauf 39° 35′. Die angeführten Thatsachen sind durch zahlreiche Beobachtungen englischer Expeditionen in die Polargegenden und französischer Seefahrer auf Reisen um die Welt bestätigt worden. Unter 7° s. Br. und 81° w. L. vom Pariser Meridian hat Humboldt den Knoten (Durchschnittspunkt) der Linie ohne Neigung mit der isodynamischen von geringster Kraft entdeckt. Die letztere Curve hat derselbe nachher westlich von den Cordilleras des Andes bis zu 10° s. Br. verfolgt.

Seit 1722, wo man die täglichen Variationen der Magnetnadel entdeckt hat, sind zahlreiche Untersuchungen über die Ursache dieser Erscheinung gemacht worden. Es wurde bereits gesagt, daß in Europa das nördliche Ende alle Tage von Osten nach Westen sich bewegt, vom Aufgange der Sonne bis gegen eine Stunde nach Mittag, und darauf nach Osten zurückkehrt, und daß die Ausdehnung dieser täglichen Variationen im Sommer größer, als im Winter ist. Es fragt sich, ob die geographische Lage des Beobachtungsortes von Einfluß auf dieses Phänomen ist, und ob es unter dem Erdäquator bemerklicher, als in unsern Climaten ist, wie man behauptet hat. Hierüber und über die Resultate, welche sich auf die täglichen Abweichungen der Magnetnadel beziehen, hat Arago Untersuchungen angestellt. — Becquerel führt nach Arago an, was wir über die Beziehungen wissen, in welchen die Ursachen der Nordlichter und die des Magnetismus stehen. Die Erscheinung eines Nordlichtes bewirkt eine Abweichung der Magnetnadel um mehre Grade von Ost nach West. In der Gegend, wo es sich zeigt, sieht man feurige Strahlen von verschiedener Farbe von allen Punkten des Horizontes aufspringen. Der Punkt des Himmels, wo alle Strahlen sich vereinigen, ist genau derjenige, gegen welchen eine Magnetnadel, die in ihrem Schwerpunkte aufgehängt ist, sich richtet. Arago hat ferner entdeckt, daß die concentrischen Kreise, welche sich fast immer vor den Lichtstrahlen zeigen, auf zwei Theilen des Horizonts ruhen, welche gleichweit entfernt vom magnetischen Meridian sind, und daß die höchsten Punkte dieser Bögen genau in diesem Meridiane liegen. Diese beiden merkwürdigen Thatsachen beweisen also, daß die Ursachen des Nordlichtes und die der Magnetnadel in Beziehung stehen. Durch Beobachtungen, die an verschiedenen, hinlänglich entfernten

*) Linien gleicher Intensität.

Orten gemacht worden, ist bewiesen, daß das Nordlicht wirkt, ehe es sich am Horizont zeigt, und daß es seinen Einfluß auf bedeutende Entfernungen ausübt. — Die täglichen Variationen sind nicht von einem Tage zum andern dieselben. Arago hat auch alle Beobachtungen untersucht, welche sich auf die jährlichen Variationen der Magnetnadel und auf ihre rückgängige Bewegung beziehen. Die ältesten Beobachtungen beweisen, daß die Neigung in Europa sich verändert hat, und zwar in Folge einer in demselben Sinne gerichteten Bewegung. Zu Paris war 1580 die Abweichung der Nadel 11° 30′ östlich; 1664 war sie = 0; seitdem ist sie westlich geworden und i. J. 1817 betrug sie 22° 20′. Nach der Verzögerung, welche man seit einigen Jahren in ihrer Bewegung gegen Westen wahrgenommen hat, vermuthet man, daß seitdem eine rückgängige Bewegung gegen Osten eingetreten sei.*)

Cassini hat entdeckt, daß die Magnetnadel auch jährlichen Oscillationen unterworfen ist, welche mit der Stellung der Sonne in Bezug auf Aequinoctien und Solstitien in Verbindung zu stehen scheinen. „Vom Januar bis zum April entfernt sich die Nadel vom Nordpol, so daß die westliche Abweichung zunimmt. Vom April bis Anfang Juli vermindert sich die Abweichung. Nach dem Sommer-Solstitium und bis zum Aequinoctium des nächsten Frühlings geht die Nadel westlich, so daß sie im October beinahe dieselbe Richtung, wie im Mai hat. Zwischen October und März ist die westliche Bewegung geringer als in den 3 vorhergehenden Monaten. Während der 3 Monate zwischen der Frühlingsnachtgleiche und dem Sommer-Solstitium ist also die Nadel gegen Osten zurückgegangen, und während der 9 folgenden Monate rückt sie im Gegentheil gegen Westen vor.“ Arago hat die mittlere Abweichung jedes Tages gesucht, welche durch die halbe Summe der größten und kleinsten Abweichung gegeben ist, so wie die mittlere Abweichung jedes Monates, welche durch die Summe der täglichen Mittel des Monates, dividirt durch die Anzahl der Tage, gegeben ist. Indem er dieß für Paris von 1784 — 1788 und für London von 1793 — 1805 ausführte, hat sich gezeigt, daß ein Maximum der Abweichung um die Frühlingsnachtgleiche und ein Minimum um das Sommer-Solstitium

*) Folgendes Verzeichniß der Abweichungen, wie sie in Paris beobachtet worden, gibt eine Vorstellung von dem Vorschreiten der Abweichung. Die Abweichung war östlich, 1580 = 11° 30′; 1618 = 8°; 1663 = 0°; hierauf war sie westlich 1678 = 1° 30′; 1700 = 8° 10′; 1767 = 19° 16′; 1780 = 19° 55′; 1785 = 22° 00′; 1805 = 22° 5′; 1813 = 22° 28′; 1814 = 22° 34′; 1816 den 12. Octbr. um 3 Uhr Nachmittag = 22° 25′; 1817 den 10. Febr. um 1 Uhr Nachmittag = 22° 19′; 1818 den 15. Octbr. um 2 Uhr Nachmittag = 22° 22′; 1819 den 22. April um 2 Uhr Nachmittag = 22° 29′; 1820 = 22° 29′; 1821 = 22° 29′; 1822 den 9. Oct. Mittag = 22° 11′; 1823 den 21. Nov. = 22° 23′; 1824 den 13. Junius um 1 Uhr Nachmittag = 22° 23′; 1825 den 18. Aug. Mittag = 22° 22′; 1826 = 22° 22′; 1827 = 22° 20′; 1828 = 22° 6′; 1829 = 22° 12′.

statt findet, aber mit diesem Unterschiede, daß die Weite der Oscillationen zu London geringer als zu Paris war. Arago fand auch, daß die jährliche Veränderung der Abweichung 1786 9′, 1800 aber kaum 1′ betrug. Hiernach, sagte er, ist es bemerkenswerth, daß die rückgängige Bewegung der Nadel von der Frühlingsnachtgleiche bis zum Sommer-Solstitium zu gleicher Zeit mit der allgemeinen und jährlichen Bewegung gegen Westen geschwächt worden ist. Arago theilt eine Tabelle der mittleren Abweichungen zu Salem in den Vereinigten Staaten von 1810 mit; hier ist die Abweichung westlich und nimmt seit einer langen Reihe von Jahren ungefähr um 2 Minuten jährlich ab. In diesen Resultaten läßt sich keine Spur der von Cassini angegebenen Periode auffinden, indem zwischen der Frühlingsnachtgleiche und dem Sommer-Solstitium keine Verminderung der Abweichung statt findet; dagegen scheint eine solche zwischen Septbr. und Decbr. einzutreten. Dieß angenommen lassen sich nach Arago folgende Regeln für die jährlichen Oscillationen aufstellen: 1) Wenn die Nadel bei westlicher Abweichung vom Meridian sich entfernt, so erfährt sie eine rückgängige Bewegung, welche sie dieser Ebene nähert. 2) Diese rückgängige Oscillation ist desto größer, je größer die jährliche Aenderung der Abweichung ist. 3) Die Oscillation verschwindet und alle Monate geben ziemlich dieselbe *mittlere* Abweichung, sobald die Nadel zur Grenze ihrer *westlichen* Ablenkung gekommen und die jährliche Aenderung der Abweichung 0 ist. 4) Sobald endlich die westliche Abweichung von Jahr zu Jahr abnimmt, beobachtet man keine bedeutenden Oscillationen der Nadel gegen Osten mehr, außer zwischen den Monaten September und December. — In den Jahren 1794 — 1796 hat John Magdonald zu Sumatra und auf St. Helena zwei Reihen von Beobachtungen über die täglichen Variationen der Nadel angestellt. Spätere Untersuchungen in Bezug auf diesen Gegenstand hat Freycinet 1817 — 1820 angestellt. Nach Magdonald sind die täglichen Variationen der Magnetnadel in den Tropengegenden merklich geringer als in Europa, und in denselben Stunden, in welchen bei uns das Nordende der Nadel gegen Westen geht, geht dasselbe in den angeführten Gegenden unter dem Aequator nach Osten. Aehnliche Resultate erhielt Freycinet aus Beobachtungen auf Isle de France, zu Timor, Rawac, Guham, Mowi, Port Jackson u. a. a. O. Auf den Marianen und Sandwich-Inseln, die auf der nördlichen Halbkugel liegen, geht der Nordpol der Nadel, wie in Europa von 8 Uhr Morgens bis 1 Uhr Nachmittags gegen Westen, obgleich die Abweichung hier östlich ist. Auf den Stationen von Timor, Rawac und Port Jackson südlich vom Aequator, geht der Nordpol der Nadel während des ganzen Morgens im entgegengesetzten Sinne fort. Hiernach stimmen die Beobachtungen, welche nördlich von dem Aequator gemacht worden, mit denen in Europa überein, während die von der südlichen Halbkugel eine diametral entgegengesetzte Bewegung nachweisen. Wegen dieses Gegensatzes der Variationen auf der südlichen und nördlichen Halbkugel sollte man vermuthen, daß die Variation unter dem Aequator selbst = 0 sein müsse; aber aus den Beobachtungen von Freycinet schließt Arago, daß nicht der Erd-

äquator, sondern vielmehr der magnetische Aequator die Zone der westlichen Variationen von der Zone der entgegengesetzten Variationen scheidet. — Vom 15. März 1805 — zum 1. Mai 1806 haben Gay-Lussac und Humboldt eine große Anzahl von Beobachtungen über die Magnetnadel in Frankreich, der Schweiz, Italien und Deutschland gemacht. Dieselben glaubten bewiesen zu haben, daß die magnetische Intensität bei Tage und bei Nacht nicht merklich variirt, und daß sie durch die hohe Kette der Alpen nicht modificirt wird; über 15 Jahre nachher suchte Hansteen zu beweisen, daß die magnetische Intensität, wie die Abweichung täglichen und jährlichen Variationen unterworfen ist, und daß die Neigung ähnliche Variationen zeige. Ueberdieß zeigte derselbe, daß kein Körper in unsern Climaten existire, welcher nicht in senkrechter Stellung an seinen Enden magnetische Pole besitze (s. d. Art. Magnet S. 563.). Die Variationen der Intensität nehmen nach Hansteen folgenden Verlauf: Sie sind im Allgemeinen des Morgens im Abnehmen bis gegen 11 Uhr; sie nehmen bis gegen 4 Uhr Abends im Winter, bis 6 oder 8 Uhr im Sommer zu. Ihr absolutes Minimum ist im Winter und ihr Maximum im Sommer. — Die magnetische Thätigkeit des Erdkreises erstreckt sich, wie Gay-Lussac und Biot auf ihrer Luftreise dargethan, auch in den Raum. Sie fanden, daß dieselbe nur sehr langsam mit der Entfernung von der Erde abnahm. Wahrscheinlich ist die Abnahme im umgekehrten Quadrat der Entfernung, wie die magnetischen Anziehungen. Wenn, wie wahrscheinlich ist, die Gestirne, der Mond und die Sonne u. s. w. ebenfalls magnetische Kraft besitzen, so werden sie ihre Wirkung je nach ihrer Stellung und Entfernung gegen uns auf die Magnetnadel äußern. Aus der Bewegung der Erde und der Planeten, namentlich des Mondes werden sich folglich die täglichen und jährlichen Variationen müssen ableiten lassen.

II. Periode von 1820 bis in die neuste Zeit.

Schon vor 1820 war man darauf ausgegangen, mit Genauigkeit die wirkliche Intensität des Erdmagnetismus an einem bestimmten Orte festzusetzen, um späterhin untersuchen zu können, ob die magnetischen Kräfte auf ähnliche Weise in Betreff der Intensität wie in Betreff der Richtung variiren. Biot schlug vor, die Abweichung, Neigung und Intensität mit 3 Nadeln zu beobachten, welche man nachher sorgfältig aufhebe, um von Jahrhundert zu Jahrhundert die Versuche zu wiederholen. Da sie während dieser Zeit einen Theil ihres Magnetismus verlieren könnten, so könnte man ihnen diesen wiedergeben, wenn man sie nach der Methode des Doppelstriches aufs Neue magnetisirte. Bei der Unmöglichkeit, völlig identische Nadeln zu construiren, welche beständig dieselbe Quantität Magnetismus annehmen, hat Poisson ein Verfahren vorgeschlagen, welches, um zu jener Bestimmung zu kommen, keine genau identischen Magnetnadeln erfordert. Zuerst hat derselbe gezeigt, daß es eine gewisse Function von 7 Größen gäbe, deren Werth nicht von den angewendeten Nadeln abhänge, sondern allein von dem Erdmagnetismus. Dieser Werth kann freilich nur annäherungsweise erhal-

ten werden; da man ihn aber bis zu jedem beliebigen Grade der Annäherung berechnen kann, so kann man die Fehler des Versuches nach Belieben verringern. Um jene 7 Größen zu erhalten, schlägt Poisson vor, 2 Nadeln von Stahl, die bis zur Sättigung magnetisirt und in ihrem Schwerpunkte frei aufgehängt sind, von einander getrennt oscilliren zu lassen, und bei jeder die Zeit ihrer Oscillationen zu bestimmen. Hierauf die Schwerpunkte der beiden Nadeln in dieselbe gerade, der richtenden Kraft der Erde parallelen Linie zu bringen (sie werden sich sodann in die Richtung jener Linie stellen); nachher jede dieser Nadeln, eine nach der andern, oscilliren zu lassen, unter dem vereinigten Einflusse der Erde und der ruhenden Magnetnadel, wobei gleichmäßig bei jeder die Dauer dieser neuen Oscillationen bestimmt wird; endlich den Abstand der Schwerpunkte dieser beiden Nadeln und ihre Trägheitsmomente, bezogen auf ihre Drehungsaxe, welche durch jene Punkte geht, zu messen. Die durch alle diese Beobachtungen erhaltenen Resultate werden hinreichen, den Werth der Function zu einem bestimmten Zeitpunkte zu bestimmen. Bei dieser Methode ist nur nöthig, daß die Magnetisirung der Nadel während der Schwingungsversuche sich nicht ändere; eine Bedingung, die man erfüllen wird, indem man Nadeln nimmt, deren Coercitivkraft nicht bedeutend ist. — Ein directeres Verfahren, als das angeführte, hat Arago dem Längenbüreau vorgeschlagen, durch welches man den Magnetnadeln denselben Grad des Magnetismus ertheilen kann. Dieses Verfahren gründet sich auf die Eigenthümlichkeit einer Magnetnadel, welche unter einer Metallplatte angebracht ist, die in drehende Bewegung gesetzt wird, welcher Eigenthümlichkeit gemäß, sie mit um so größerer Gewalt fortgezogen wird, je größer ihr Magnetismus ist. Man befreit sich von dem Einflusse des Erdmagnetismus, wenn man den Versuch in einer Ebene anstellt, welche auf die Richtung der Magnetnadel senkrecht ist. Belastet man jetzt die Enden der Nadel mit kleinen Gegengewichten, damit sie durch die mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich drehende Platte um eine gewisse Anzahl von Graden abgelenkt wird, so werden diese Gegengewichte das Maß der magnetischen Intensität der Erde geben. Wiederholt man diesen Versuch von einem Jahrhundert zum andern mit derselben Platte oder mit einer Platte von derselben Beschaffenheit und denselben Dimensionen, so wird man in den Stand gesetzt sein, die Veränderungen der magnetischen Intensität der Erde zu bestimmen.

Man hat in dieser Periode fortgefahren, größere Präcision in die auf den Erdmagnetismus sich beziehenden Versuche zu bringen; die Beobachtungen über Abweichung und Neigung der Magnetnadel sind mit Umkehrung der Magnetnadel angestellt worden, und man hat auf die Veränderungen der Temperatur während jedes Versuches Rücksicht genommen. Aus den sorgfältig geprüften Beobachtungen hat man wichtige allgemeine Folgerungen gezogen. Arago hat einen Bericht über die Entdeckungsreise der Corvette la Coquille unter dem Befehl des Capitän Duperrey 1822 — 25 abgestattet, in welchem interessante Bemerkungen über die wahrscheinliche Veränderung der Lage des magnetischen Aequators vorkommen.

Jene Corvette hat den magnetischen Aequator sechsmal durchschnitten, und man hat die Lage zweier seiner Punkte genau bestimmen können. Dieselben liegen in dem atlantischen Ocean. Die Breiten der Punkte des magnetischen Aequators auf der Morletschen Charte, welche derselben Länge entsprechen, sind um 1° 43′ und 1° 50′ größer. Arago hat hieraus geschlossen, daß der magnetische Aequator dem Erdäquator um gleiche Größen sich genähert habe. Dieselben Differenzen zeigt auch die Hansteensche Charte. Im Südmeere nahe an der amerikanischen Küste hat Duperrey zwei Punkte des magnetischen Aequators bestimmt, deren Breiten auf den Charten von Hansteen und Morlet um ungefähr einen Grad kleiner sind, die Differenz ist aber im entgegengesetzten Sinne von derjenigen, welche im atlantischen Ocean gefunden wurde. Der magnetische Aequator scheint sich also in der Nähe der Küsten von Peru vom Erdäquator entfernt zu haben. Duperrey hat für die beiden im nördlichen Theile liegenden Punkte, welche er direct bestimmt hat, Breiten gefunden, welche größer als auf den Charten des Aequators von 1780 sind. Hiernach scheint sich die Linie ohne Neigung in der Gegend der Carolinen und der mulgravischen Inseln vom Aequator zu entfernen. Arago glaubt, daß man, um ähnliche Variationen zu erklären, annehmen könne, daß der magnetische Aequator einer Bewegung von Osten nach Westen unterworfen ist, die ihm allmählig und im Ganzen von Jahr zu Jahr eine andere Lage gibt. Seit 1780 kann man die rückgängige Bewegung der Knoten nicht unter 10° schätzen, um die beobachteten Veränderungen in den Breiten erklären zu können. Derselbe hat die Geschwindigkeit dieser Veränderung der Lage zu beweisen gesucht, indem er die von Morlet und Hansteen erhaltenen Resultate mit den von Duperrey und Freycinet gesammelten directen Beobachtungen verglich. — Zu seiner schon erwähnten Abhandlung über die Nordlichter hat Arago eine Ergänzung gegeben. Er hat bemerkt, daß die Nordlichter, welche nur in Amerika, zu Petersburg und in Sibirien sichtbar sind, ungeachtet der großen Entfernung von diesen Gegenden die Nadel zu Paris bedeutend stören. Arago glaubte, daß auch die Nordlichter der südlichen Himmelssphäre die Magnetnadel zu Paris afficirten, indem ein in der Nähe des Südpols beobachtetes Licht mit einer Störung der Magnetnadel zu Paris zusammen traf. Doch hat sich seitdem gezeigt, daß zu derselben Zeit, in welcher jenes Polarlicht am Südpol auftrat, auch am Nordpol ein Nordlicht sichtbar war.*) — Kupffer hat interessante Untersuchungen über die Variationen in der mittlern Dauer der horizontalen Oscillationen der Magnetnadel angestellt, und über mehre den Erdmagnetismus betreffende Fragen. Die Beobachtungen wurden täglich zweimal um 8 Uhr Morgens und um 6 Uhr Abends angestellt mit einer Nadel, welche so aufgestellt war, daß sie immer dieselben Ablenkungen hatte. Er hat alle

---

*) Es drängt sich aber die Frage auf, ob wohl jedes Polarlicht des Südpoles von einem entsprechenden Nordlichte am Nordpole begleitet sei, welches der polarische Gegensatz wahrscheinlich macht.

diese Beobachtungen, um sie unter sich vergleichbar zu machen, auf dieselbe Temperatur bezogen, und hat so die mittlere Dauer einer horizontalen Oscillation der Magnetnadel zu Kasan vom October 1825 bis zum November 1826 abgeleitet. Nach Kupffer ist es wahrscheinlich, daß die Dauer der Oscillationen gleichmäßig von Monat zu Monat zu- oder abnimmt; indem er die Mittel zwischen den Beobachtungen des Morgens und denen des Abends nahm, hat er geschlossen, daß die mittlere Dauer einer horizontalen Oscillation der Magnetnadel ihr Maximum gegen das Ende des Sommers im Monat September oder October erreicht, und ihr Minimum im Winter, etwa im Februar; daß die täglichen Variationen dieser Dauer im Sommer größer sind, als im Winter; und daß von einem Jahr zum andern diese Dauer zu Kasan sich fast gar nicht geändert hat. Diese Beobachtungen stimmen ziemlich genau mit denen von Hansteen überein, der auf die Temperatur keine Rücksicht genommen hat; indeß hat dieser eine Vergrößerung der Dauer der Oscillationen von einem Jahr zum andern gefunden. Er hat untersucht, ob den Variationen der mittlern Dauer einer Oscillation auch Variationen der Intensität des Erdmagnetismus entsprechen. Verschiedene Betrachtungen haben ihn zu der Annahme geführt, daß die erstern an demselben Orte einzig von den Variationen der Neigung abhängen, und daß diejenigen, welche sich auf die Intensität beziehen, hierauf wenig Einfluß haben. Hieraus folgt, setzt er hinzu, daß die magnetische Neigung zu Kasan ihr Maximum im Sommer und ihr Minimum im Winter erreichen muß. Die größte Differenz derselben beträgt ungefähr 2½ Minuten, und sie zeigen von einem Jahr zum andern beinahe keine Veränderung. — Nachdem Arago gefunden, daß der magnetische Aequator wahrscheinlich eine fortrückende Bewegung von Osten nach Westen habe, ist Morlet darauf ausgegangen, die Variationen zu entwickeln, welche an verschiedenen Orten der Erde die Neigung der Magnetnadel erleidet. — Was die Abweichung betrifft, so haben wir keine so genauen Angaben über die allgemeinen Ursachen dieser Variationen, obschon wir ihren Gang kennen. Man weiß nur, daß es Linien gibt, wo die Abweichung 0 ist. Die Lage dieser Linien wurde in der zweiten Periode angegeben. Kupffer hat die Richtung einer solchen Linie im östlichen Rußland angegeben. Diese Linie erstreckt sich westlich von Kasan. Die Punkte, welche westlich von ihr liegen, haben westliche Abweichung, während die nach Osten gelegenen eine östliche Abweichung haben. Die Linie im Norden von Amerika bietet dieselbe Erscheinung dar, aber im umgekehrten Sinne. Es gibt noch eine Linie ohne Neigung, welche in der Gegend von Irkutzk in Sibirien sich erstreckt. Aber hier wird die Abweichung, wenn man gegen Osten fortgeht, wieder westlich und ändert das Zeichen nicht. Kupffer berichtet auch nach den neuesten Beobachtungen von Angion und Wrangel, daß die ganze Nordostküste von Sibirien eine östliche Abweichung habe, und daß die Abweichung auf demselben Parallelkreise so regelmäßig von Osten nach Westen abnimmt, daß wahrscheinlich der Punkt, wo die Abweichung 0 ist, ungefähr unter dem Meridian von Irkutzk liege. Kupffer erinnert daran, daß die Linie ohne Abweichung, welche sich jetzt in Amerika findet, einst

durch Paris und London ging, und daß sie eine sehr bedeutende gegen Westen fortschreitende Bewegung habe. Hierzu fügt er die Bemerkung, daß die Linie ohne Abweichung in der Nähe von Kasan dieselbe Erscheinung zeigt; er vergleicht die fortschreitende Bewegung der Linien ohne Abweichung mit der Bewegung des magnetischen Aequators, welche in demselben Sinne geschieht, und vermuthet, daß zwischen diesen beiden Phänomenen eine Verbindung stattfinde. Nach ihm regulirt die Linie ohne Abweichung nicht nur die Abweichungen der ihr benachbarten Punkte, sondern auch die Größe der Variationen ihrer Neigung. Denn die Beobachtungen, welche er anführt, gehen darauf aus, zu beweisen, daß die Variationen der Neigung der Magnetnadel zu Kasan (an einem Orte, welcher der Linie ohne Abweichung sehr nahe liegt) sehr gering sind, während sie zu Christiania, nach den Beobachtungen von Hansteen, ziemlich bedeutend sind. Dieß sind jedoch nur Hypothesen, als welche sie Kupffer anerkennt. — Hansteen gibt nicht zu, daß der magnetische Aequator und die Linien ohne Abweichung eine gegen Westen fortschreitende Bewegung hätten, vielmehr schreibt er ihnen eine Bewegung gegen Osten zu. Kupffer betrachtet die Methode, deren er sich zur Bestimmung der Lage der magnetischen Pole bedient hat, nicht über jeden Einwurf erhaben, da man sich zu dieser Bestimmung nur derjenigen Beobachtungen bedienen kann, welche sehr nahe bei den Polen gesammelt worden, und wie sie uns von den englischen Seefahrern, den ersten, welche eine Reise in jene Gegenden unternommen haben, überliefert worden. Kupffer glaubt, daß es eine zu große Anzahl von Beobachtungen gibt, welche andeuten, daß die magnetischen Thätigkeiten der Erde von Punkten in der Nähe des Mittelpunkts der Erde ausgehen, als daß man die magnetischen Pole in der Nähe der Erdpole annehmen könnte; es scheint ihm natürlicher, nach der Beobachtung von Arago anzunehmen, daß die ganze Masse der Erde magnetisch ist, und daß die Erde in dieser Beziehung beinahe wie ein Sphäroid von weichem Eisen wirkt, dessen magnetische Thätigkeiten gleichmäßig vom Mittelpunkte auszugehen scheinen. Kupffer macht auf magnetische Erscheinungen aufmerksam, welche die größte Beachtung der Physiker verdienen. Es wurde schon von den plötzlichen unregelmäßigen Variationen gesprochen, welche an den entlegensten Orten mit den Erscheinungen der Nordlichter in Verbindung stehen. Als Kupffer die Nadel oscilliren ließ, während sie sich auf diese Weise aus ihrer gewöhnlichen Stellung entfernte, konnte er keine merkliche Differenz in der Dauer einer in diesem Augenblicke und einer zu jeder andern Zeit vorgenommnen Oscillation wahrnehmen. Er nimmt indeß einige Fälle aus, wo die Ablenkung sehr bedeutend war. Hierbei war aber merkwürdig, daß, als sich die Nadel gegen Osten entfernte, die Dauer einer Oscillation größer als gewöhnlich war, während sie kleiner war, als sich den 24. Novbr. 1825 die Nadel gegen Westen entfernte. Von einer andern Seite scheinen die erwähnten Beobachtungen, weil die magnetische Neigung mit der Dauer der Oscillationen in Verhältniß steht, zu beweisen, daß die Neigung abnimmt, wenn sich die Nadel gegen Westen entfernt, und zunimmt, wenn sie gegen Ost sich bewegt. — Wir ha-

den bereits gesehen, daß man genöthigt war, zur Erklärung der verschiedenen Aeußerungen des Erdmagnetismus die magnetischen Pole zu vervielfältigen. Dieser Uebelstand hat die Nothwendigkeit fühlbar gemacht, mit der größten Sorgfalt alle Zahlenelemente zu bestimmen, welche sich in einer großen Anzahl von Punkten der Erdoberfläche auf die magnetische Kraft beziehen. Auf diese Weise werden den Geometern die Mittel an die Hand gegeben, uns von jener Vielheit und Verwirrung der magnetischen Pole zu befreien. Zu diesem Zwecke hat Humboldt alle während 32 Jahren von ihm gemachten Beobachtungen zusammengestellt, welche sich auf die Neigung der Magnetnadel und auf die Abnahme der Intensität der magnetischen Kräfte von den Polen bis zu dem magnetischen Aequator beziehen. Alle diese Beobachtungen sind in 3 Gruppen getheilt; die erste begreift alle Neigungen und Kräfte, von 1798 — 1803 in Spanien, auf den canarischen Inseln, im atlantischen Ocean, auf dem Aequinoctial-Meere, nördlich und südlich vom Aequator beobachtet; die zweite enthält die 1805 und 1806 in Frankreich, Italien, in der Schweiz und in Deutschland gemachten Beobachtungen; die dritte Gruppe umschließt die Beobachtungen von 1826 — 1829 in Deutschland, in Preußen, in dem europäischen Rußland, auf den Küsten des caspischen Meeres und in dem Norden Asiens, zwischen dem Ural, dem Altai, der kirghisischen Steppe und den Grenzen Chinas. Die Beobachtungen der ersten Gruppe liegen den Berechnungen zum Grunde, nach denen Biot, Hansteen und Morlet die Lage des magnetischen Aequators zu verschiedenen Zeiten bestimmt haben, und der Entdeckung des Gesetzes, nach welchem die Intensiät der magnetischen Kräfte vom Aequator nach den Polen und den verschiedenen Breiten variirt. Alle Beobachtungen, welche sich auf die Zunahme der Intensität in den zwei magnetischen Hemisphären vom Aequator nach den Polen zu beziehen, und die Nichtparallelität der isodynamischen Linien mit den Linien von gleicher Neigung sind in den letzten Jahren durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt worden, welche die englischen Expeditionen nach den Polargegenden, die von französischen Seefahrern unternommenen Reisen um die Welt, und die von Hansteen und Erman im nördlichen Asien gemachten Reisen geliefert haben. Humboldt hatte den Knoten der Linie ohne Neigung mit der isodynamischen Linie unter 7° s. Br. und 81° w. L. von Paris entdeckt; er hatte diese letztere westlich von den Andes in das Küstenland von Peru gegen Kasma u. Huarmay bis zum 10° s. Br. verfolgt. Erman fand in Sibirien, daß die Linie der Intensität = 1,60 sich auch von Norden nach Süden richtet, mit einer leichten Neigung gegen Südost. Derselbe sah die isodynamische Linie 1,60 die Linien von gleicher Neigung fast rechtwinklig schneiden, darauf von N.N.W. gegen S.S.O. herabsteigen, bei Obdorsk nahe bei der Mündung des Oby bei Tomsk. — Humboldt glaubt, daß wahrscheinlich die isodynamische Linie und der peruvianische Knoten des magnetischen Aequators seit seiner Reise von Osten nach Westen fortgerückt seien. Er führt in dieser Beziehung an, daß Erman auf der Rückreise von Kamtschatka zu Rio-Janeiro unter 135°

w. L. von Paris im Südmeere auf dem magnetischen Aequator bemerkt hat, daß die Intensität der magnetischen Kräfte sich fast ebenso fand, wie 26 Jahr früher er selbst sie auf dem magnetischen Aequator zu Peru gefunden hatte. — Da die Intensität der magnetischen Kräfte keine Function der Neigung ist, und da die isodynamischen Linien mit den Linien von gleicher Neigung nicht parallel sind, so ist es natürlich, daß die verschiedenen Punkte des Aequators nicht dieselbe Intensität haben. Auch bemerkt Humboldt, daß die Intensitäten von London, Paris oder Berlin nicht dieselben Zahlenwerthe geben können, wenn man als Einheit die Intensität der Kräfte auf dem magnetischen Aequator zu Peru, auf den westlichen Küsten von Afrika oder im indischen Archipel annimmt. „Die isothermischen Linien,*) sagt er, werden merklich dem Aequator parallel, so wie man sich von den Tropen entfernt; so verhält es sich aber nicht mit den isodynamischen Linien Hansteens, welche einigemal z. B. zu Peru den magnetischen Aequator rechtwinklich durchschneiden. Ich habe dieselben Nadeln, oder untereinander verglichene Nadeln von Paris nach Mexiko, nach dem magnetischen Aequator in Peru, nach Berlin, Petersburg, auf die Küsten des kaspischen Meeres und in das nördliche Asien gebracht und diese Kräfte in den verschiedenen Orten der Erde ausgedrückt, indem ich die Intensität als Einheit annahm, welche ich auf dem magnetischen Aequator zu Peru oder vielmehr auf dem Durchschnittspunkte dieses Aequators mit der isodynamischen Linie des Minimums der Oscillationen fand. Unter dieser Voraussetzung finde ich für Paris 1,3482; für Mailand 1,3121; für Neapel 1,2745. Die sehr genauen Beobachtungen von Rossel zu Surabaya auf der Insel Java und die von Sabine bei der Insel St. Thomas, 5 nördlich vom Aequator, zeigen, daß die Intensität der Kräfte geringer ist auf dem magnetischen Aequator bei den westlichen Küsten von Afrika (40° 24′ w. L.) und im ostindischen Archipel, als in dem Theile des magnetischen Aequators, welcher Peru durchschneidet. Ebenso hat Erman beobachtet, daß auf den Ostküsten Südamerikas die magnetischen Kräfte viel schwächer sind, bei gleichem Abstande vom Südpole der Erde, als auf den westlichen Küsten. Die Intensität 1, welche im Westen des neuen Continents auf dem magnetischen Aequator in der Südsee unter 135° westl. L. und 1° 55′ s. Br. gefunden wurde, zeigt sich auf den Küsten von Brasilien schon bei 38° s. Br., während die Neigung hier noch größer als 37° s. ist. Es scheint mir immer wahrscheinlicher, daß das Minimum der Intensität der magnetischen Kräfte auf der Oberfläche der Erde, verglichen mit dem Maximum, nicht in dem Verhältniß von 1 : 2, sondern vielmehr in dem Verhältniß von 1 :2,6 stehen.“ Humboldt hat bei den auf die Intensität sich beziehenden Beobachtungen nicht die durch die Temperaturveränderungen veranlaßten Correcturen angebracht; aber diese Veränderungen waren zu unbedeutend, um auf die Anzahl der Oscillationen, welche die Intensität ausdrücken, einen merklichen Einfluß auszuüben. — Bei der Vergleichung der Versuche über

*) S. d. Art. Erde S. 321.

magnetische Intensität, die er an verschiedenen Localitäten angestellt, glaubt er eine Abnahme der Kraft mit der zunehmenden Höhe des Beobachtungsortes zu erkennen. Kupffer hat ein ähnliches Resultat aus den Beobachtungen am Caucasus gezogen. Gay-Lussac und Biot fanden bei ihrer Luftreise nur eine fast unmerkliche Abnahme. — In der zweiten Gruppe von Beobachtungen hat Humboldt alle diejenigen zusammengestellt, die er mit Gay-Lussac von 1805 bis 1806 angestellt. Er hat seitdem Gelegenheit gehabt, an denselben Orten neue Beobachtungen mit größerer Schärfe anzustellen, welches ihn sogar veranlaßt hat, die jährlichen Aenderungen der Neigung zu bestimmen, welche durch die Bewegung des Knotens verursacht und durch die Gestalt der krummen Linie, welche der magnetische Aequator darbietet, bestimmt werden. Die Beobachtungen von 1798 und 1810 für Paris haben ihm 5' jährliche Abnahme der magnetischen Neigung gegeben; die von 1820 und 1825, 3', 3. Diese Verlangsamung war schon von Arago bemerkt worden. Beim Vergleich der Beobachtungen von Arago fand er von 1805 bis 1826 für Turin eine Verringerung um 3', 5; für Florenz um 3', 3 u. s. w. — Zur dritten Gruppe gehören 27 Beobachtungen aus Europa und Asien mit Boussolen von Gambey und entfernt von dem Aufenthalte von Menschen angestellt, denn diese letzte Vorsicht ist durchaus nöthig, wenn man die Intensität der magnetischen Kräfte bestimmen will (wegen des an und in menschlichen Wohnungen befindlichen Eisens). Er hat nach seiner Rückkehr aus Rußland noch nicht Zeit gehabt, die für die Bekanntmachung nöthigen Correcturen der Beobachtungen über die Intensität zu bestimmen. — Humboldt hat der Akademie der Wissenschaften das Resultat seiner Beobachtungen über die Neigung der Magnetnadel im nördlichen Asien mitgetheilt und damit die Beobachtungen verbunden, welche sich auf die stündlichen Variationen beziehen und die an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche angestellt worden. — Auf seiner Reise von St. Petersburg nach Tobolsk und der Wüste Barabas hat er Gelegenheit gehabt, auf mehren Punkten Versuche anzustellen, die Hansteen und Erman vor ihm mit denselben Instrumenten besucht hatten. Hieraus folgt, daß man gegenwärtig den magnetischen Zustand des größeren Theiles von Nord-Asien kennt. Humboldt äußert sich über die magnetischen Erscheinungen der Erde wie folgt: „Die magnetischen Erscheinungen der Erde hängen in großen Verhältnissen nicht mehr als die klimatische Vertheilung der Wärme, die monatlichen und stündlichen Veränderungen des Druckes der Atmosphäre, die Richtung und Menge der Regen von einfachen örtlichen Einflüssen ab. Es sind dieß großartige Phänomene, welche den ganzen Erdball umfassen und auf welche die Gestalt des Continents, die innere Wärme der Erde u. s. w. von Einfluß sind. Die vorschreitende Bewegung der Knoten (Durchschnittspunkte des magnetischen Aequators mit dem Erdäquator) von Ost nach West, welche Morlet entdeckt, Arago entwickelt hat, zeigt sich in beiden Hemisphären. Die Veränderung der magnetischen Breite, welche ein Resultat dieser fortschreitenden Bewegung ist, bewirkt zugleich eine Veränderung der Neigung. Der lange Zeitraum der seit meinen ersten magnetischen Beob-

achtungen verflossen, hat mir Gelegenheit gegeben, die jährlichen Aenderungen der Neigung für bestimmte Epochen mit einer Genauigkeit von einigen Bruchtheilen der Minute zu bestimmen.“ Humboldt berichtet auch, daß er alsbald nach seiner Rückkehr in einem großen Garten zu Berlin ein kleines ganz von Eisen entblößtes Häuschen erbauen ließ, um hier regelmäßige Beobachtungen über die stündlichen Variationen der magnetischen Abweichung anzustellen. Diese Beobachtungen begannen den 5. Febr. 1829 und wurden 2 bis 3 mal des Tages bis zum 20 März fortgesetzt; darauf wurden sie im Herbst von Dove wieder aufgenommen, um mehre Tage und Nächte hintereinander von Stunde zu Stunde zu beobachten, während entsprechende Beobachtungen auf gleiche Weise mit ähnlichen Instrumenten in verschiedenen Punkten der Erde angestellt wurden. Schon 1806 bis 1807 hatte er sich mit Oltmanns in dieser beschwerlichen Arbeit geübt. Indem sie mehre Tage und eben so viele Nächte hintereinander um die Zeit der Nachtgleichen und der Solstitien von Stunde zu Stunde und sogar alle halbe Stunden beobachteten, erkannten sie damals nächtliche Minima, so wie einzelne Störungen oder magnetische Wetter, welche in hohen Breiten oft mehre Nächte hintereinander zu denselben Stunden vorkommen. Diese Arbeit vom Jahre 1807 hat ihm 1500 Resultate, aus mehr als 6000 einzelnen Beobachtungen gezogen, gegeben, deren Verzeichniß im Archiv des Berliner Observatoriums niedergelegt ist. Humboldt hat es dahin zu bringen gesucht, daß an allen Orten der Erde, wo es wissenschaftlich gebildete Physiker gibt, mit denen er in Verbindung steht, Observatorien eingerichtet würden, um gleichzeitige magnetische Beobachtungen anzustellen. Er äußert sich hierüber, wie folgt: „Ich habe nur die Wünsche des Herrn Arago, (von dessen Arbeit er eben gesprochen), erfüllt, indem ich eine gleichzeitige Reihe von stündlichen Beobachtungen bei Tage und bei Nacht während 38 auf einander folgender Stunden einrichtete. Ich habe es dahin gebracht, daß eine Boussole von Gambey in das Innere der Bergwerke von Freiberg gestellt wurde, wo die außerordentliche Gleichmäßigkeit der Temperatur die Beobachtungen des Herrn Reich über die regelmäßigen und unregelmäßigen Veränderungen, welche die Intensität der Kräfte zu erleiden scheint, erleichtert und auf seine Bitte haben die kaiserliche Akademie von Petersburg und der Curator der Universität zu Kasan magnetische Pavillons errichten lassen. Kupffer beobachtet zu Petersburg und Simonoff zu Kasan. Der erstere berichtet mir, daß Anstalten gemacht sind, ein Instrument von Gambey zu Moskau herzustellen, und daß vielleicht unsere Linie correspondirender Beobachtungen bis nach Sitka ausgedehnt werde, wo sich auf der Nordwestküste von Amerika der durch seine Reisen in die Polarmeere berühmte Baron v. Wrangel aufhalten werde; nach Peking in dem Hause der russischen Missionäre; nach Archangel, wo Reiveni eine Charte des weißen Meeres aufnehmen wird. Wir erhalten bereits Beobachtungen von Nikolajeff in der Crimm, wo der Admiral Greigh auf Einladung der Petersburger Akademie die Errichtung eines Pavillons zu Beobachtungen der stündlichen Variationen

angeordnet hat. Zu Berlin will Encke während meiner häufigen Entfernungen von der Hauptstadt die Beobachtungen fortsetzen, eifrig unterstützt von Poggendorf, Dirichlet, Dove und Magnus. In Amerika beobachtet Boussingault die Gambeysche Boussole. Zu Marmato auf dem östlichen Abhange der Cordilleren von Chaco in der Provinz Antioquia unter 5° 27′ n. Br., von Kasan bis Marmato, wo die beiden Gambeyschen Boussolen aufgestellt, sind über 125° Länge u. s. w." —

Duperrey hat aus den magnetischen Beobachtungen am Bord der Corvette la Coquille die Gestalt des magnetischen Aequators, den er sechsmal durchschnitten, abgeleitet. Er hat diese Curve sowohl nach Norden als nach Süden in ziemlich bedeutende Längen-Zwischenräume verlängert. Indem er sich allein auf eigne Beobachtungen stützte, hat derselbe einen Theil des magnetischen Aequators (nach einer hier nicht näher zu beschreibenden Methode) in einer Ausdehnung von 247° Länge gezogen. Dieser Theil umfaßt den atlantischen Ocean, einen Theil des Continents von Südamerika, den großen Ocean unter dem Aequator und den Archipel von Asien bis zum Meridian des westlichen Theiles der Insel Borneo. Duperrey hat auch den Theil des magnetischen Aequators gegen Osten zu verlängern gesucht, nach seinen eignen Beobachtungen und mit Hilfe derjenigen, welche Sabine 1822 auf der Insel St. Tomé, Golf von Guinea gemacht hat. Was die Verlängerung zwischen dem Meridian des östlichen Theils von Borneo und der Nordspitze von Ceylon betrifft, so ist sie das Resultat der 1827 von Blosseville auf der Corvette la Chevrette gemachten Beobachtungen. Sabine hat die Lage des einen der beiden Knoten des magnetischen Aequators bestimmt, welcher sich unter 3° 20′ östlich vom Pariser Meridian befindet. Duperrey zeigt, daß ausgehend von diesem Knoten die Linie ohne Neigung nördlich aufsteigt, indem sie das afrikanische Festland durchschneidet, im rothen Meere wahrscheinlich den 15° n. Br. erreicht (wenigstens nach einer Beobachtung von Panton 1776 auf der Insel Socotora) und hierauf wieder ein wenig nach Süden herabsteigt, bis zu dem Punkte auf der Nordspitze von Ceylon, welchen Blosseville bestimmt hat. Hiernach scheint der magnetische Aequator die Aequinoctiallinie nur in 2 Punkten zu treffen, welche diametral einander gegenüber stehen, und von denen der eine in dem atlantischen Ocean liegt, der andere in dem großen Ocean beinahe in der Ebene des Pariser Meridianes. Da, wo dieser Aequator nur auf einzelne zerstreute Inseln trifft, scheint er sich nur wenig von der Aequinoctiallinie zu entfernen. Diese Abweichung scheint aber größer zu werden, wo die Inseln sich häufen, und wird am größten, sowohl nach Norden als nach Süden, in den beiden großen Continenten, die er durchschneidet. Zwischen dem südlichen und nördlichen Theile dieser Curve scheint eine bemerkenswerthe und viel vollendetere Symmetrie zu herrschen, als man bisher angenommen hat. In einem Aufsatze über den Erdmagnetismus, welchen Duperrey 1833 der Akademie der Wissenschaften vorgelegt hat, geht derselbe von dem Principe aus, daß die Temperatur,

welche einen Einfluß auf die Anzahl der Oscillationen hat, die die Magnetnadel in einer gegebenen Zeit macht, auch eine Variation in der Wirkung des Erdmagnetismus hervorbringen muß. — Hansteen hat alle Beobachtungen über magnetische Intensität von 1780—1830 vereinigt, und hiernach auf einer Charte die isodynamischen Linien (von derselben magnetischen Intensität) gezogen. Mit Hilfe dieser Linien glaubt derselbe die Gegenwart zweier magnetischen Pole auf jeder Hemisphäre entdeckt zu haben, aber mit dem Unterschied, daß die gesammte magnetische Intensität auf der südlichen Halbkugel kleiner, als auf der nördlichen ist. Kupffer gibt, wie schon gesagt, die Folgerungen aus der Hansteenschen Arbeit nicht zu, und Duperrey, der die Meinung Kupffers theilt, hat die Arbeit desselben zu vervollständigen gesucht. Er hat sich daher bemüht, den gegenwärtigen Stand der magnetischen Thätigkeit auf der Erdoberfläche, so wie die Ursache jener Variationen in der Richtung und Intensität zu bestimmen, indem er sich dabei auf seine eignen Beobachtungen und auf die von Rossel, Humboldt, Sabine, Hansteen, Keilhau und Böck, Lütke, King, Due, Erman und Kupffer stützte. Auf diese Weise ist er zu der Bestimmung von 9 isodynamischen Curven nördlich und südlich vom magnetischen Aequator gekommen, welche sehr wenig von denen abweichen, die Hansteen auf der nördlichen Halbkugel jenseit des Wendekreises des Krebses gezogen hat. Er hat den magnetischen Aequator als die Verbindung aller derjenigen Punkte betrachtet, auf welchen in den verschiedenen Meridianen der Erde die magnetische Intensität auf ihr Minimum gebracht ist. Indem er die Beobachtungen durchging, erkannte er, daß diese Punkte genau dieselben mit den wärmsten auf jedem Meridiane sind. So würde denn nach ihm die Curve, welche er als den magnetischen Aequator betrachtet, zugleich die Linie der höchsten Temperaturen und der geringsten magnetischen Intensitäten jedes Meridianes sein. Die Lage jedes magnetischen Poles ist nach der von Duperrey angenommenen Theorie von den isodynamischen Linien, welche jeder Hemisphäre eigenthümlich sind, abhängig. Er hat auf seinen Charten die Plätze, an denen sich die magnetischen Pole befinden sollen, nur durch Linien von sehr starker Intensität umgrenzt. In der Voraussetzung, daß es 2 magnetische Pole sehr nahe am Mittelpunkte der Erde gebe, hat Biot, wie schon gesagt wurde, das Gesetz der Zunahme der magnetischen Intensität vom Aequator nach dem Pole bestimmt. Die Formel, welche dieses Gesetz darstellt, setzt eine völlige Gleichartigkeit der Erde voraus, und kann daher durch einzelne Beobachtungen nicht bestätigt werden. Um alle Beobachtungen auf diese Annahme zurückzuführen, war Duperrey genöthigt, die mittlere Intensität des Erdäquators und jedes Parallelkreises der Erdkugel zu nehmen, hierauf den Umfang jeder krummen Linie mit ihrer Intensität zu multipliciren, um die gesammte Intensität zu erhalten und nachher das Mittel der gesammten Intensitäten der entsprechenden Parallelen auf jeder Halbkugel zu nehmen. Er hat auf diese Weise alle Punkte der Curve erhalten, welche das Gesetz der Zunahme der magnetischen Kräfte nach der Beob-

achtung] darstellt.*) Zieht man diese Curve neben derjenigen, welche sich aus der Biotschen Formel ergibt, so entfernt sie sich von derselben nur etwa um 0,015 der Intensität, indem man als Einheit die auf dem magnetischen Aequator zu Peru annimmt. Er hat unter andern gefunden, daß die Oberfläche der nördlichen magnetischen Halbkugel zur Oberfläche der südlichen magnetischen Halbkugel wie 1,000 : 1,0152 sich verhält. In demselben Verhältniß steht die Gesammtintensität der südlichen Erdhemisphäre zur Gesammtintensität der nördlichen Erdhemisphäre. Hieraus schließt er, daß die Oberflächen der beiden magnetischen Hemisphären den Gesammtintensitäten der beiden Erdhemisphären proportional sind. Duperrey schreibt zum großen Theil den Unterschied in den relativen Intensitäten des Magnetismus an jedem Orte dem Temperaturunterschiede dieser Orte zu. Er will bei der Vergleichung der isothermischen und der isodynamischen Linien eine merkwürdige Analogie in ihren Richtungen, unter andern in der Richtung ihrer Ausbiegungen und Einbiegungen gefunden haben. Zu Gunsten seiner Theorie führt er noch die tägliche Bewegung der Magnetnadel an. Sobald die Sonne sich erhebt, sagt er, erwärmt sie allmählig alle Punkte des Horizonts im Oriente des Beobachtungsortes; die magnetische Intensität nimmt ab in demselben Maße, in welchem die Wärme zunimmt. Hieraus folgt, daß die isodynamische Linie, welche durch den Beobachtungsort geht, aufschwillt, indem sie sich von dem Aequator *entfernt und* nach dem Pole zu erhebt. Die Magnetnadel, welche stets senkrecht auf ihn steht, folgt der Bewegung, und ihr Nordende geht an nördlichen Beobachtungsorten gegen Westen und an südlichen Beobachtungsorten gegen Osten. Wenn die Sonne durch den Meridian gegangen ist, so kühlt sich der Horizont im Osten ab, und wird im Westen erwärmt. Die isodynamische Linie verändert aufs Neue ihre Stellung, nimmt ihre ursprüngliche Stellung an und geht aus dieser im entgegengesetzten Sinne in eine neue über. Die Nadel, welche dieser Bewegung folgt, richtet ihr Nordende in nördlichen Beobachtungsorten gegen Westen. Liegt der Beobachtungsort auf dem magnetischen Aequator oder in geringer Entfernung von demselben, so bewegt sich das Nordende der Magnetnadel alle Morgen gegen Westen oder gegen Osten, je nachdem die Sonne nördlich oder südlich von dem Beobachtungsorte ihren Lauf nimmt, und diese Erscheinung bezieht sich gleichfalls auf das angegebene Princip; denn da der magnetische Aequator die Linie der kleinsten Intensitäten in jedem Meridian sein soll, so muß er nothwendig alle Tage seine Lage verändern, indem er sich schief gegen den Parallelkreis erhebt, welchen die Sonne beschreibt. Duperrey hat seine Theorie durch alle Thatsachen zu unterstützen gesucht, welche die Erfahrung bis jetzt dargeboten hat, und hat daraus abgeleitet, daß die südliche Erdhemisphäre ungefähr um 1° kälter als die nördliche ist. — Quetelet hat 1833 der Brüsseler Akademie der Wissenschaften das

*) Ueber die Weise die Zunahme der Intensitäten durch eine Curve auszudrücken, gibt Fig. 257. zu S. 534. Bd. III. ein Beispiel.

gleichzeitigen Beobachtungen an verschiedenen Orten zu erforschen. Die Aufzeichnungen geschahen im März 1834 von 20 zu 20 Minuten und zum Theil in halb so großen Zwischenzeiten, im Mai von 10 zu 10 Minuten und zum Theil in doppelt engen Grenzen, im Juni durchgehends von 5 zu 5 Minuten. Später wurde sogar von 3 zu 3 Minuten beobachtet. Diese Beobachtungen sind bis in die neueste Zeit fortgesetzt worden und correspondirende Aufzeichnungen geschahen in Leipzig, Berlin, Kopenhagen, Mailand, Altona, Rom, unter denen zum Theil eine merkwürdige Uebereinstimmung herrscht. Die Resultate werden durch geographische Darstellungen erläutert in Poggendorffs Annalen der Physik mitgetheilt.*) Gauß hat sich um die Theorie des Erdmagnetismus überdieß durch mathematische Betrachtungen große Verdienste erworben. — Zu den neusten Untersuchungen über Erdmagnetismus gehören endlich auch noch die von Moser. Nach ihm besitzt nur die Erdoberfläche magnetische Kraft und zwar nur bis zu einer gewissen gegen den Halbmesser der Erde verschwindend kleinen Tiefe. Er schließt dieß aus der Vergleichung der thermischen und magnetischen Curven. Derselbe hat sich bemüht eine gegenseitige Abhängigkeit des Magnetismus und der Wärme darzuthun. — Schließlich muß noch erwähnt werden, daß Capitän Roß auf seiner letzten Reise in den Polargegenden, den magnetischen Pol wirklich erreicht haben will, indem er eine fast senkrechte Stelle der Neigungsnadel an diesem Orte beobachtete. Dieser Pol liegt unter 70° 5′ 17″ n. Br. und 96° 45′ 18″ w. L. von Greenwich.

Nickel ein schweres unedles, 1751 von Cronstedt entdecktes Metall, kommt natürlich mit anderen Mineralien verbunden im Kupfernickel, in der Nickelschwärze, im Nickelocker, Haarkies, Nickelglanz und im Nickelspießglanzerz vor. Meteorsteine und Meteoreisen enthalten es fast immer. Es ist dem Kobalt sehr verwandt und steht seinen Eigenschaften nach zwischen Eisen und Kupfer, ist ins Graue gehend silberweiß, stark glänzend, hart, dehnbar und sehr streng flüssig, kann zu dünnen Blechen und zu feinem Drahte ausgedehnt werden und läßt sich in der Hitze etwas schweißen. Sein specif. Gewicht ist 8,66 bis 8,93. Es ist magnetisch (s. d. Art. Magnet). Mit dem Sauerstoff verbindet es sich nicht zu leicht. Es bleibt bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert und läuft beim Erhitzen wie Stahl an. Salpetersäure löst es sehr leicht auf; Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure lösen es in der Wärme langsam auf. Das Nickeloxyd ist ein

---

*) Die vortrefflichen Einrichtungen für magnetische Beobachtungen haben 1834 noch eine Erweiterung erhalten, indem ein zweiter Apparat in einiger Entfernung vom Hauptapparate hergestellt worden. Man hat nämlich in der Sternwarte einen 4 Fuß langen, fast 3 Zoll breiten und ½ Zoll dicken und 25 Pfund schweren Magnet aus Ufflarschem Gußstahl an einem 16 Fuß langen tausendfachen Seidenfaden aufgehangen.

dunkelgraues unmagnetisches Pulver, welches mit Wasser ein apfelgrünes Hydrat gibt. Mit Säuren bildet es Salze, die im wasserhaltigen Zustande smaragdgrün und apfelgrün, im entwässerten gelb sind; mit schmelzendem Borax gibt es ein gelbes Glas. — Das Nickelhyperoxyd ist eine schwarze Masse von glänzendem muschligen Bruche. — Man kennt salpetersaures Nickeloxyd, welches in smaragdgrünen zerfließlichen Säulen, schwefelsaures Nickeloxyd, welches bald in Quadratoktaëdern, bald in geraden rhombischen Säulen krystallisirt und kohlensaures Nickeloxyd, ein blaßapfelgrünes, im Wasser nicht lösliches Pulver. — Mit Chlor verbindet sich Nickel beim Erhitzen unter Feuerscheinung zu Chlornickel, welches eine gelbe Farbe hat. Dasselbe ist im Wasser anfangs wenig löslich, löst sich aber später mit grüner Farbe als salzsaures Nickeloxyd auf. — Mit Schwefel vereinigt sich Nickel ebenfalls beim Erhitzen mit Feuerscheinung zu Schwefelnickel, einer graugelben, metallischglänzenden Masse, welche der Magnet anzieht. — Phosphornickel ist weiß, metallglänzend, spröde und leicht schmelzbar. — Unter den Legirungen des Kupfers ist seit einiger Zeit die mit Kupfer unter dem Namen Weißkupfer, Neusilber, Argentan sehr in Aufnahme. Man fertigt daraus allerlei Geräthschaften, weil es sich durch eine dem Silber fast gleichkommende Weiße, Härte und Dauerhaftigkeit auszeichnet.

Nonius oder Vernier heißt eine in gleiche Theile getheilte gerade oder krumme Linie, welche sich an einem Maßstabe verschieben läßt, und zu genauerer Messung, als mit dem Maßstabe allein möglich wäre, dient, indem mit Hilfe derselben Theile der Abtheilungen des Maßstabes bestimmt werden. Den Namen hat diese Vorrichtung von dem Portugiesen Nonius, dem man mit Unrecht die Erfindung derselben zuschrieb, und von dem Franzosen Peter Vernier, der sie 1631 wirklich erfunden.

Gesetzt ein Maßstab enthalte n mal ein bekanntes Maß ($= 1$), also n Abtheilungen von der Länge des angenommenen Maßes und ein neben ihm liegender zweiter Maßstab (der Vernier), sei um die Einheit dieses Maßes kürzer, aber auch in n gleiche Theile getheilt, so ist jede Abtheilung des Nonius $= \frac{n-1}{n}$. Gesetzt die Anfänge (Nullpunkte) beider Maßstäbe treffen genau auf einander, so wird der erste Theilstrich des eigentlichen Maßstabes über den ersten Theilstrich des Vernier hinausfallen, und zwar wird der Abstand beider Theilstriche $= 1 - \frac{n-1}{n} = \frac{1}{n}$ sein; der Abstand der mit 2 bezeichneten Theilstriche wird sein $= 2 - 2\left(\frac{n-1}{n}\right) = \frac{1}{n}$ u. s. f., der Abstand der mit n bezeichneten Theilstriche (Ende beider Maßstäbe) ist $= n - n\left(\frac{n-1}{n}\right) = 1$, d. h. der letzte Theilstrich des Vernier ist um 1 entfernt von dem letzten Theilstriche des Maßstabes, fällt folglich zusam-

men mit dem vorletzten Theilstriche des Maßstabes, welches schon in der Voraussetzung ausgesprochen war.

Um ein bestimmtes Beispiel zu haben, nehme man an, Fig. 7. sei ab der Maßstab = 10 Zoll, also daß jeder Theilstrich an ihm 1 Zoll abschneide; der Vernier cd sei = 9 Zoll, aber in 10 Theile getheilt, so schneidet an ihm jeder Theilstrich $\frac{9}{10}$ Zoll ab. Der Abstand des ersten Theilstriches des Maßstabes vom ersten Theilstriche des Vernier ist offenbar = 1 Zoll — $\frac{9}{10}$ Zoll = $\frac{1}{10}$ Zoll. Der Abstand des zweiten Theilstriches des Maßstabes vom zweiten Theilstriche des Verniers ist = 2 Zoll — $\frac{18}{10}$ Zoll = $\frac{2}{10}$ Zoll u. s. f. Endlich der zehnte Theilstrich des Maßstabes steht ab vom zehnten Theilstriche des Nonius = 10 Zoll — $\frac{90}{10}$ Zoll = 1 Zoll.

Untersuchen wir für den oben angenommenen allgemeinen Fall die Abstände der letzten Theilstriche des Maßstabes und Vernier, so ist dieser Abstand

beim Zusammentreffen der Nullpunkte $= \frac{n}{n} = 1.$

" " " ersten Theilstriche*) $= \frac{n-1}{n}.$

" " " zweiten " $= \frac{n-2}{n}.$

" " " m ten " $= \frac{n-m}{n}.$

" " " n — 1 ten " $= \frac{n-(n-1)}{n} = \frac{1}{n}.$

" " " n ten " $= \frac{n-n}{n} = 0.$

Für das angenommene bestimmte Beispiel, wo der Maßstab = 10 Zoll, der Vernier = 10 × $\frac{9}{10}$ Zoll war; ist der Abstand der letzten Theilstriche

beim Zusammentreffen der Nullpunkte = 1 Zoll.
" " " ersten Theilstriche = $\frac{9}{10}$ "
" " " zweiten " = $\frac{8}{10}$ "
" " " neunten " = $\frac{1}{10}$ "
" " " zehnten " = 0 "

Gesetzt man soll mit Hilfe eines Maßstabes und Verniers die kleine Linie bm messen, so ist dieses, da sie kleiner als 1 Zoll mit dem Maßstabe allein nicht möglich. Man stellt daher den Vernier so ein, daß sein letzter Theilstrich nach m (Fig. 8.) fällt, dann ist bm = dem Abstande der letzten Theilstriche von Maßstab und Vernier. Man

*) Nach ähnlicher Ableitung wie oben. Der zweite Theilstrich des Maßstabes steht jetzt ab vom zweiten Theilstriche des Vernier $= 1 - \left(\frac{n-1}{n}\right) = \frac{1}{n}$, der dritte vom dritten um $\frac{2}{n}$ u. s. f., der n te vom n ten um $\frac{n-1}{n}$.

sieht nun zu, welche Theilstriche des Maßstabes und Vernier bei dieser Stellung zusammenfallen; die Figur zeigt dieses vor den mit 2 bezeichneten an, so ist bm $= \frac{8}{10}$ Zoll. War die Linie am zu messen, so findet man ihre Länge $=$ ab $-$ mb $= 10 - \frac{8}{10} = 9\frac{2}{10}$ Zoll.

Man sieht alsbald ein, daß sich ein Vernier bei jeder Art von Maßstäben, auch bei Gradeintheilungen anbringen lasse. Der Vernier pflegt mit dem Maßstabe, zu dem er gehört, so verbunden zu werden, daß er sich genau an denselben anschließt und an ihm hin verschieben läßt. Um die Einstellung desselben genau bewerkstelligen zu können, pflegt man ihn durch eine Mikrometerschraube beweglich zu machen.

Nord, Norden, nördliche Himmelsgegend, Mitternacht heißt die Himmelsgegend, welche gerade vor uns liegt, wenn wir die rechte Hand gegen Osten, die linke gegen Westen gekehrt haben; oder die Gegend um den **Nordpunkt**, der im Horizont 90° vom Ostpunkt und eben so weit vom Westpunkte absteht, in dem der Meridian des Beobachtungsortes den Horizont desselben schneidet. Vergl. d. Art. **Horizont.**

Nordlicht, Nordschein, Polarlicht heißt eine eigenthümliche in den Gegenden um die Pole sich zeigende Lichterscheinung in der Atmosphäre. Diese Erscheinung ist in den Gegenden, welche wir bewohnen, nur selten sichtbar; weil wir sie dann aber jedesmal über der nördlichen Gegend des Horizonts erblicken, haben wir ihr den Namen Nordlicht gegeben. Je näher man aber an die Pole kommt, desto häufiger wird sie, und in den Polargegenden ist sie so regelmäßig und häufig, daß man sie nicht ohne Grund die Sonne jener Gegenden genannt hat. Die Reisenden, welche jene Gegenden besucht haben, so wie die Bewohner des nördlichen Schottlands, Norwegens, Lapplands und der nördlichen Gegenden von Amerika und Asien, erzählen, daß die Nordlichter ein glänzendes Licht entsenden, welches in den lebhaftesten Nüancen gefärbt ist, so daß eine weite Strecke des Himmels in Feuer zu stehen scheint und selbst die Erde davon wiederglänzt. Die Erscheinung ist nicht schnell und vorübergehend, wie das Licht des Blitzes, sie zeigt sich stets mehre Stunden und oft glänzt sie während der ganzen langen Nächte jener Gegenden. Ihr Glanz ist aber auch nicht ruhig und unveränderlich, wie der der Gestirne; man vergleicht sie mit ungeheuren Flammen, welche in den hohen Regionen des Himmels sich entwickeln, welche nach allen Richtungen sich bewegen, sich stoßen, verlöschen und sich mit einer wunderbaren Schnelligkeit wieder entzünden. Dieses großartige Schauspiel setzt den Beobachter eben so sehr in Verwunderung, wie in Schrecken. Wie es scheint, so kann sich das Nordlicht nur dann vollkommen entwickeln, wenn der Himmel unbewökt ist, oder wenigstens nur mit solchen mehr oder weniger leichten Dünsten erfüllt ist, wie man sie gewöhnlich am Horizont zu erblicken pflegt, und welche sich niemals zu einer bedeutenden Höhe erheben. Ehe das Nordlicht sichtbar wird, unterscheidet man nach dem Untergange der Sonne einen undeutlichen Schimmer gegen Norden. Bald erheben sich Strahlen

über den Horizont, welche breit und unregelmäßig sind, und welche im Allgemeinen gegen den Zenith hin sich ausdehnen. Nach diesen schon sehr mannigfaltigen Erscheinungen, welche nur das Vorspiel der Erscheinung sind, erblickt man in großen Abständen 2 gewaltige Feuersäulen, die eine gegen Morgen, die andere gegen Abend, welche langsam über den Horizont emporsteigen und zu bedeutender Höhe gelangen. Während sie mit ungleicher und veränderlicher Geschwindigkeit sich erheben, ändert sich unaufhörlich ihre Farbe und ihr Anblick; hellere oder dunklere feurige Streifen durchziehen ihre Länge, oder hüllen sie in Krümmungen ein; ihr Glanz geht von Gelb in Dunkelgrün oder helles Purpurroth über; endlich neigen sich die Enden der beiden blendenden Säulen, eine gegen die andere, und vereinigen sich zur Bildung eines Bogens, oder vielmehr eines Feuergewölbes von ungeheurer Ausdehnung. Nachdem sich der Bogen gebildet hat, bleibt er majestätisch stundenlang am Himmel stehen; der von ihm eingeschlossene Raum ist ziemlich dunkel, aber von Zeit zu Zeit wieder durch breite und verschiedenfarbige Scheine durchzogen; dagegen erblickt man im Bogen selbst fortwährend Feuerstreifen von lebhaftem Glanze, welche äußerlich hervorbrechen, den Himmel senkrecht durchziehen, wie glänzende Raketen, über den Zenith gehen und sich in einem kleinen, beinahe kreisförmigen Raume, vereinigen, welcher die Krone des Nordlichts heißt. Nachdem sich diese gebildet hat, ist die Erscheinung vollständig. Nach einigen Stunden, oder zuweilen schon nach einigen Augenblicken nimmt das Licht an Lebhaftigkeit ab. Die Strahlen werden matter und seltner, die Krone erlischt, der Bogen wird matt und endlich erblickt man nur noch unbestimmte Schimmer, welche allmählig verlöschen. So erscheint das Nordlicht, wenn es in seinem vollsten Glanze auftritt; aber häufig sind der Zustand des Himmels oder die atmosphärischen Bedingungen nicht günstig, oder die Bedingungen, unter denen das Phänomen auftritt, sind nicht vollständig erfüllt; denn nur sehr selten kann man selbst in den Polargegenden das Nordlicht so ausgebildet beobachten, wie es oben beschrieben wurde. Bald bildet sich die Krone nur unvollständig, bald kommt der Bogen nicht ganz zu Stande, oder ist an einigen Punkten vielfach, bald endlich bemerkt man Wolken, die das Licht unterbrechen, und die sich an ihren Rändern oder in ihrer Mitte färben und durch tausend Zufälligkeiten die regelmäßige Gestalt des Nordlichtes unterbrechen. Häufig kommt es vor, daß der Beobachter in den Polargegenden das Nordlicht gegen Süden erblickt, und so wie es am häufigsten in den Gegenden um den Nordpol beobachtet worden, sieht man es auch auf der südlichen Halbkugel der Erde in der Nähe des Südpols und man kann daher wie von Nordlichtern, so auch von Südlichtern sprechen. Die meisten Reisenden, welche in den Polargegenden Nordlichter beobachtet haben, haben die Erscheinung desselben von keinem Geräusch begleitet gefunden, auch wenn dieselbe in vollster Pracht auftrat; indeß versichern auch Einige ein solches Geräusch wahrgenommen zu haben und die Zeugnisse der Bewohner derjenigen Gegenden, in welchen die Nordlichter zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehören, stimmen darin überein, daß dieselben zuweilen von einem Geräusche be-

gleitet sind. Es ist aber wahrscheinlich, daß das Geräusch welches in gewissen Fällen wahrgenommen worden, nicht dem Nordlichte eigenthümlich war. Gewöhnlich ist das Nordlicht mit einer Witterungsänderung verknüpft, und diese verursacht ein Springen, Reißen und daher Knistern, Platzen, Krachen des Eises. Bedenkt man noch, wie eine so großartig schreckliche Erscheinung wie das Nordlicht das Gemüth unmittelbar afficirt, (sogar die Thiere überkommt Angst), wie dabei alle Sinne des Menschen reizbar gespannt sind, so ist nichts erklärlicher, als daß jenes in kalten Gegenden sehr häufige Geräusch während eines Nordlichtes vorzugsweise wahrgenommen und mit dem Phänomen selbst ursachlich verknüpft wird.

Es ist von Interesse die Berichte der Beobachter selbst über die Erscheinung des Nordlichtes unter verschiedenen Breiten zu lesen. Zu den älteren Beschreibern gehört Maupertuis, der seine Beobachtungen (zu Ofwer Torneö 1736) unter dem Polarkreise anstellte. „Sobald die Nächte anfangen dunkler zu werden, sieht man den Himmel durch Feuer von tausend Gestalten und Farben erleuchtet; sie scheinen die des beständigen Tages gewohnte Erde für die Abwesenheit der Sonne, die sich von ihr wendet, entschädigen zu wollen. Diese Feuer schränken sich dort nicht, wie in unsern südlichen Ländern, auf eine bestimmte Himmelsgegend ein. Zwar sieht man gegen Norden einen hellen unbeweglichen Bogen, mehrentheils aber scheint das Licht den ganzen Himmel ohne Unterschied einzunehmen. Es fängt zuweilen mit einer Bande von hellem und beweglichem Lichte an, die ihre Enden am Horizonte hat und sich plötzlich über den ganzen Himmel ausbreitet, als ob nach einer auf den Mittagskreis senkrechten Richtung ein Fischernetz über ihn gezogen würde. Meistentheils vereinigen sich nach diesem Vorspiele alle Lichtmassen gegen das Zenith, wo sie gleichsam die Spitze einer Krone bilden. Oft sieht man gegen Mittag Bögen, wie wir sie in Frankreich gegen Mitternacht sehen, oft erscheinen sie gegen Norden und Süden zugleich, und ihre Gipfel nähern sich einander, indem die Enden sich entfernen und gegen den Horizont herabsteigen. Ich sah solche entgegengesetzte Bögen, deren höchste Stellen sich fast im Zenith berührten; oft zeigen sich auch von beiden Seiten mehre concentrische Bögen. Alle diese Bögen haben ihre Gipfel im Mittagskreise, jedoch mit einer westlichen Abweichung, welche nicht immer gleich groß und bisweilen unmerklich ist. Manche Bögen, deren Enden anfänglich gegen den Horizont zu am weitesten auseinander standen, ziehen sich bei ihrer Annäherung zusammen und bilden große Ellipsen, von denen man die größere Hälfte über dem Horizonte sieht. Man würde kein Ende finden, wenn man alle Gestalten und Bewegungen dieses Lichtes beschreiben wollte." — Besonderes Augenmerk auf die Nordlichter hatten Parry und seine Gefährten auf dessen zweiter Reise zu Entdeckung der nordwestlichen Durchfahrt. Sie mußten bekanntlich auf der Insel Melville überwintern, und hier erblickten sie das Nordlicht fast immer in süd-südwestlicher Richtung. Sabine beschreibt ein hier beobachtetes Nordlicht wie folgt. „Edwards sah dasselbe zuerst als einen vollkommenen Bogen, dessen Schenkel fast nördlich und südlich standen. Als ich aufs Eis ging, war der Bogen

gebrochen; gegen den südlichen Horizont war das gewöhnliche Nordlicht, wie wir es kürzlich in klaren Nächten gesehen hatten, nämlich ein blasses Licht, welches hinter einer dunklen Wolke in einer Höhe von 6 bis 12 Graden herzukommen schien, sich mehr oder weniger in verschiedenen Nächten und zu verschiedenen Zeiten derselben Nacht gegen Osten und Westen ausdehnte, ohne bestimmten Mittel- und Halbirungspunkt war, indem der größere Theil und zuweilen der ganze Lichtschein sich bald auf der Ostseite, bald auf der Westseite des Südpunktes zeigte, selten aber am nördlichen Horizonte stand oder über den Ost- und Westpunkt des Himmels hinausging. Dieses stimmt mit dem Nordlichte, welches man am gewöhnlichsten in England wahrnimmt, überein, nur daß es dort dem nördlichen Horizonte so eigen ist, wie hier dem südlichen, und zuweilen in Lichtstrahlen und Funken aufschießt. Es war bei dieser Gelegenheit durch keinen außerordentlichen Glanz oder ungewöhnliche Ausdehnung ausgezeichnet, indem der prächtige Theil der Erscheinung abgesondert und, wie es schien, ganz besonders war. Der Lichtbogen hatte sich in unregelmäßigen Massen gebrochen, die mit vieler Schnelligkeit nach verschiedenen Richtungen strömten, immerwährend an Gestalt und Stärke abwechselten und sich von Norden durch Osten nach Süden erstreckten. Wenn man annimmt, daß die Oberfläche des Himmels durch eine durch den Meridian gehende Ebene getheilt ist, so war das Nordlicht während der Zeit, daß ich es sah, auf die Ostseite der Ebene beschränkt und gewöhnlich am lebhaftesten und in größeren Massen in O.S.O. Parry und ich machten einander aufmerksam, daß da, wo das Nordlicht sehr glänzte, die hindurch gesehenen Sterne etwas trübe waren, obgleich dieses früheren Erfahrungen widerspricht." Parry fährt dann in der Beschreibung fort und sagt: „Die Vertheilung des Lichtes ist als unregelmäßig und beständig wechselnd beschrieben worden; die verschiedenen Massen schienen sich jedoch in zwei Bogen ordnen zu wollen, wovon der eine nahe am Zenith und der andere ungefähr in der Mitte zwischen diesem und dem Horizonte hinlief, beide im Allgemeinen eine nördliche und südliche Richtung hatten, aber sich gegen einander krümmten, so daß ihre Schenkel verlängert eine Ellipse gebildet haben würden. Diese Bögen zertheilten sich eben so schnell, als sie entstanden waren. Einmal war ein Theil des Bogens nahe am Zenith in Windungen gebogen, denen einer sich bewegenden Schlange gleich, und diese waren in schneller, wellenförmiger Bewegung, eine Form, die wir zuvor noch nicht wahrgenommen hatten. Das Ende gegen Norden war auch wie ein Schäferstab gebogen, welches nicht ungewöhnlich ist. Das von einem Nordlichte entstehende Licht läßt sich schwer mit dem des Mondes vergleichen, weil die Schatten wegen der allgemeinen Verbreitung des erstern sehr schwach und undeutlich werden, aber die Wirkung des eben beschriebenen ist meiner Meinung nach kaum der des Mondes in der ersten Quadratur gleich; das gewöhnliche blasse Licht des Nordscheins gleicht sehr dem beim Verbrennen des Phosphors entbundenen. Eine sehr schwache rothe Farbe ward bei dieser Gelegenheit bemerkt, als das Nordlicht am stärksten war, andere Farben waren jedoch nicht vorhanden. Nach dem Verschwinden des glänzenden Theiles

des Nordlichtes, welches nahe bei uns zu sein schien, blieb nur noch das gewöhnliche Licht am Horizonte." — Bemerkenswerth sind ferner die Beobachtungen, welche Wrangel unter 69° bis 72° N Br. an den Küsten des sibirischen Eismeeres gemacht und beschrieben hat. „Am nördlichen Horizonte, wenn er unbewölkt ist, zeigt sich ein heller und farbenloser Streifen in Form eines Kreissegments, dessen horizontale Weite anfänglich nur 20°, später aber bis 80° und mehr einnimmt, und dessen scheinbare Höhe allmählig 1° bis 6° ausmacht. Das Licht dieses Segments ist ruhig und nicht so stark, als das des Vollmondes. Dann schießen von Zeit zu Zeit aus dem Segmente, am häufigsten an der Ostseite desselben, unruhige und helle Strahlenbündel von unten nach oben und erhalten sich einige Zeit als bewegliche Säulen, welche sich, wie nach dem Winde, biegen und krümmen. Diese Bewegung ist eben so merklich, als die der Wolken bei starkem Winde. Andere Säulen entstehen an dem Segmente, als wären sie von den ersten angezündet. So schwingt sich die ganze Säulenmenge nach einer gemeinschaftlichen Richtung hin und her; allmählig verschwinden sie, eine nach der andern, nach zwei bis drei Minuten. Zuweilen erzeugen sich solche Säulen von stärkerem Lichte als das Segment in diesem Segmente selbst, deren einige nicht über dasselbe hervorragen, andere aber sehr hoch herauf schießen. Der Glanz aller dieser Säulen ist merklich stärker, als der des Segments, aus welchem sie zu entstehen scheinen. Nachdem dieses Entstehen und Verschwinden eine sehr unbestimmte Dauer gehabt hat, verschwinden die Säulen ganz, und dann auch das blässere Segment; wenn aber die Säulen sehr unruhig gewesen sind, verschwindet oft die regelmäßige Figur des ruhigen Scheins und es bilden sich unregelmäßige krumm= und geradlinige Lichtfiguren, bald zusammenhängend, bald getrennt, die einige Zeit (eine Viertelstunde, auch länger) sich erhalten, blässer werden und dann ganz verschwinden."

In unseren Gegenden war am 7. Januar 1831 ein ausgezeichnetes Nordlicht sichtbar, welches zugleich an den verschiedensten Orten Europas beobachtet wurde, welche Beobachtungen dann Poggendorff zusammengestellt hat. Nur das Merkwürdigste ist in folgender Darstellung (von Muncke) aufgenommen. „Unter allen in mittleren Breiten neuerdings beobachteten Nordlichtern war keins so ausgezeichnet durch seine Vollständigkeit, seinen außerordentlichen Lichtglanz, unglaublich weite Verbreitung und ungewöhnlich lange Dauer, als das vom 7. Januar 1831, jedoch vervollständigen die sehr vielen Beobachtungen desselben nur wenig dasjenige, was bereits durch Mairan darüber mitgetheilt worden ist. Inzwischen dürften nicht sobald wieder so vollständige Beobachtungen möglich werden, und es ist daher nöthig, einige derselben mitzutheilen. Am Abende dieses Tages, an welchem der Sonnenuntergang in Berlin eine Minute nach 4 Uhr fiel, erhoben sich nach dem Berichte des Salinendirectors Senff in Colberg nach halb 6 Uhr genau am nordöstlichen und nordwestlichen Horizonte zwei röthliche Wolkenstreifen, die einander entgegenzogen und kurz vor 6 Uhr ein vollständiges, anscheinend aus dunkeln Wolkenmassen bestehendes Kreissegment bildeten, während der einschließende Bogen oben ganz weiß war, nach beiden Seiten hin aber

röthlich, fast rosenroth, dann purpurfarbig, und ganz unten durch Violett in Schwarzblau überging. Die Lebhaftigkeit dieser Farben, war aber im Anfange der Erscheinung am stärksten. Aus der Mitte dieses Segments stiegen bisweilen parallele Lichtstreifen nach dem Zenith auf, ihr Licht war aber jederzeit matter als das des Saumes und nach obenhin röthlich. Gegen 6 Uhr 30 Min. erhoben sich fast genau im W. und im O. zwei blendendweiße Lichtstreifen, doppelt so breit als der Saum des Kreisbogens, aber mit geringer Erhebung. Die Lebhaftigkeit ihres Lichtes wechselte ab, bis sich kurz vor 7 Uhr der westliche Streif mit vollem Glanze erhob, im Bogen nach dem Zenith und über dasselbe hinweglief nach dem östlichen Streifen, der ihm dabei entgegen kam, und sich mit demselben zu einem zweiten bedeutend breiten Kreisbogen verband, welcher so glänzend strahlte, daß die Erde durch ihn merklich erleuchtet ward. Die Bildung dieses zweiten Bogens, gegen welchen der Glanz des ersten verschwand, dauerte kaum 30 Sec.; er bestand nur etwa zwei Min., und hiermit endigte die ganze Naturerscheinung, indem nach und nach jede Stelle des Himmels dunkelte, so daß 15 Minuten nach 7 Uhr gar nichts mehr zu sehen war. — Zu Brakel im Paderbornschen erschien gegen 6 Uhr im Westen ein heller, blendender Schein, wie ein entstehendes Feuer, welcher sich schnell nach Osten in Form eines Regenbogens hinzog und die Gegend so stark erleuchtete, daß man ohne Anstrengung Gedrucktes lesen konnte. Der Bogen war oben etwas platt gedrückt, man sah die größeren Sterne deutlich durch denselben und er verschwand eben so schnell, als er entstanden war, wobei er jedoch im W. und O. einen hellen Schein zurückließ. Nach etwa drei Minuten entstand der Bogen wieder, jedoch höher, so daß er durch das Zenith ging, verschwand wieder und erzeugte sich nach etwa 10 Minuten abermals, aber jetzt im Rücken der nach Norden gerichteten Beobachter. Während der Entstehung dieser Bogen wurde das Nebelgewölk im Norden erhellt, schoß röthliche, radienförmige Strahlen empor, welche zunehmend mehr divergirten und höher zum Zenith hinaufstiegen, mit verschiedenem Farbenspiele und ungleicher Intensität des Lichtes wechselten und im Ganzen sich vom nordöstlichen zum nordwestlichen Horizonte hinzogen. Klöden in Berlin sah erst nach 6 Uhr das dunkle Segment im Norden, über welchem etwas mehr westlich ein Lichtbogen von etwa 20° größter Höhe über dem Horizonte sich erhob. Das gelblich weiße Licht der Zone war stets etwas fluctuirend, es bildeten sich mehre solche Lichtbogen, die vom östlichen u. westlichen Horizonte ihren Ursprung nahmen, mit wechselnder Stärke sich bis in das Zenith zogen, ja bei 45 Graden südlich von demselben erst verschwanden und oft stark erleuchteten feinen Wölkchen glichen. Unterdeß stiegen vom nördlichen und nordwestlichen, ja vom nordöstlichen bis zum westlichen Horizonte Strahlen empor, meistens von hellweißer Farbe, deren Ränder am hellsten waren und die von dem Segmente aus das Zenith oft schneller als in einer Minute erreichten. Gleichzeitig mit diesen zeigte sich am nordöstlichen, nördlichen und nordwestlichen Himmel bis etwa 50° Höhe über dem dämmerungsartigen weißen Segmente ein prachtvolles rothes Licht, welches in einzelnen Partieen am

Himmel zerstreut und am Rande verwaschen war, auch von den aufsteigenden Lichtstrahlen durchbrochen wurde. Nach halb 8 Uhr erhob sich oberhalb des bis etwa 10° über dem Horizonte niedergesunkenen Dämmerungslichtes eine im Osten und Westen ihre größte Stärke zeigende glänzende rothe Zone, welche dem Widerscheine einer entfernten Feuersbrunst glich, und allmählig dem Zenithe sich nähernd über die Hälfte des Horizontes einnahm. In dieser stiegen zuweilen Lichtsäulen empor, und das Dämmerungslicht erschien gelblich grün. Ein Viertel nach 9 Uhr ermattete dieses rothe Licht und gegen 11 Uhr erhob sich ein Nebel, durch dessen Lücken man bloß den nördlichen Dämmerungsschein erblickte. — Das dunkle Segment und das rothe Licht wurden sehr deutlich auch in Gotha und Marburg beobachtet, in Heidelberg war letzteres vorzüglich ausgezeichnet, in Wien beobachtete man bloß das mehr östlich liegende Segment und einige aus dessen begrenzendem Lichtbogen aufsteigende Strahlen. Egen in Elberfeld sah nach 6 Uhr den bald höher sich hebenden, bald tiefer hinabsinkenden, von Westen nach Osten sich erstreckenden und ein dunkles Segment begrenzenden Lichtschein, um 8 Uhr aber zwei von beiden Seiten des magnetischen Nordens gleich weit abstehende, sich mehr erhebende Lichtbögen, die sich zuletzt in Lichtsäulen auflösten, zuweilen stärker wurden und in größerer Höhe roth gefärbt waren, begleitet von einzelnen Flecken rothen Lichtes und partiellen Strahlen an den verschiedenen Theilen des Horizontes von Westen nach Osten. Die Erscheinung dauerte bis nach Mitternacht, das Licht erschien ruhig und nicht flackernd. — In Utrecht gestattete der sehr heitere Himmel eine durch van Molt angestellte genaue Beobachtung. Hiernach stand ein heller, etwa 12° breiter Bogen von S.W. nach N.O. von überall gleich hellem Lichte; nördlich von diesem bildete sich dann aus zwei vom Horizonte aufsteigenden und einer in der Mitte zwischen beiden entstandenen Lichtsäule, die sich vereinigten, ein zweiter, welche beide mit schönem hellen Lichte strahlten, auch fehlte im Norden das dunkle Segment und der dasselbe einschließende Lichtbogen nicht, aus welchem helle Säulen bis ins Zenith emporstiegen. Gegen 9 Uhr wurde die sogenannte Nordlichtskrone (Pavillon) im Zenith wahrgenommen, aus welcher nach Südwest, Nordost und Nordwest prächtig flammende Streifen herab hingen. Unterdeß stieg eine wolkenähnliche, vorn runde und hinten mit einem zugespitzten Schweife versehene Lichtmasse von N.O. zum Zenith hinauf, bei diesem vorbei und verschwand in S.O., die Krone erlöschte bald, nach 10 Uhr war bloß noch der Lichtbogen in N.W. sichtbar, welcher bis gegen Mitternacht dauerte. Röthliche Wolken wurden dort, eben wie in Paris, und am letzteren Orte auch grünliche Stellen beobachtet. — Es ist gewiß nicht überflüssig, auch von den in England gemachten Beobachtungen das Wichtigste mitzutheilen. In Gosport sah Burney um 5 Uhr 15 Min. einen Lichtbogen von 10° Höhe und 70° Chorde, welcher zunehmend heller und größer wurde, so daß er nach 15 Min. schon den Raum von Westen bis 55° östlich vom Meridiane, also 145°, einnahm. Von diesem stieg eine Lichtsäule bis 35° empor, und gleich darauf bildete sich ein schöner, regenbogenartiger Bogen da-

durch, daß plötzlich von O.N.O. und S.S.W. Streifen aufstiegen, die sich 10° südlich vom Zenith begegneten. Um 5 Uhr 35 Min. theilte sich dieser Bogen etwas östlich vom Scheitel und die langen Streifen, aus denen er bestand, gingen in hellen Stücken, leuchtenden Wolken ähnlich, langsam nach Süden, zwei nach S O. und eins nach S.W. Bald nachher bildete sich eben daselbst ein neuer Bogen, welcher südlich fortrückte, über den Mars, der in 45° Höhe und nahe am Zenith stand, hinaus, bis er verschwand, während der Bogen um das Segment im Norden stieg, aber zugleich fast erlosch. Nach 6 Uhr erhoben sich am nordöstlichen und nordwestlichen Horizonte Lichtsäulen von ungleicher Länge und Breite, deren einige Farbenspiel zeigten, und durch das Zenith gingen; der Bogen im Norden stieg und sank zugleich abwechselnd und es erhoben sich aus ihm mehre karmoisinrothe Säulen von ausgezeichneter Schönheit, zwischen 7 und 8 Uhr aber erlangte das Nordlicht seine größte Schönheit, indem es über zwei Drittheile des ganzen Himmels einnahm und die verschieden geformten und mannigfach wechselnden, roth, orangenfarben, karmoisin, grün und purpurfarben gefärbten Säulen mit dem reinen Blau des Himmels und dem funkelnden Lichte der Sterne einen auffallenden Contrast bildeten. Die Erscheinungen wiederholten sich noch einigemale in geringerer Stärke, der Nordlichtbogen, aus dem noch abwechselnd Säulen aufstiegen, sank allmählig tiefer, hatte um 1 Uhr noch etwa 6° Höhe, aber bis 2 Uhr sah man noch einzelne schwache Lichtblitze. In Woolwich beobachtete Sturgeon zuerst den einen Bogen, es bildete sich jedoch nach einer Stunde in einer größeren Höhe ein zweiter, ihm concentrischer, welche im Verlaufe der Zeit ungleiche Höhen, nie aber mehr als 21° erreichten. Die Enden beider verloren sich anscheinend in einer dunklen Wolke; aufsteigende Lichtsäulen wurden gleichfalls beobachtet, und namentlich zeigten sich solche auch in dem dunkeln Segmente; einmal sogar verschwand dieses Segment völlig und der ganze östliche Horizont war erleuchtet, es stellte sich jedoch wieder her, und so wurde die Erscheinung bis 12 Uhr beobachtet. Den von Burney gesehenen südlichen Bogen erwähnt Sturgeon nicht, wohl aber geschieht dieses durch Christie zu Blackheath bei Greenwich. — Vorzüglich wichtig sind die Beobachtungen aus Skandinavien. Svanberg in Upsala erblickte erst 20 Min. nach 6 Uhr einen schwachen Schein im Norden, dagegen zeigte sich ihm das Phänomen in hohem Glanze am südlichen Himmel, wo eine rothe Säule in W. S.W. den Horizont berührte, deren Endspitze mit den Spitzen anderer in W. und S. aufsteigenden Säulen in 70°,3 Höhe die Krone bildete. Sie hatte nur eine augenblickliche Existenz, indem die sie erzeugenden Säulen sich in einen länger dauernden Bogen formirten. Auch in Stockholm sah Rudberg das dunkele Segment mit seinem 20° bis 30° über den Horizont erhabenen Lichtbogen, von welchem keine Säulen, sondern nur flackernde Lichtwolken aufstiegen. In Kila sah man um 6 Uhr 15 Min. am nördlichen Himmel ein Wolkenbette, von welchem eine Menge Strahlen ausgingen, am südlichen stand zugleich ein dunkler Wolkengrund mit einem leuchtenden Nimbus. Durch die Mitte des Himmels, etwas südlich vom Zenith, ging ein schöner, rother Licht=

bogen vom westlichen zum östlichen Horizonte, unten doppelt so breit als ein Regenbogen, oben schmaler, mit einer strahlenden, etwas feuergelblichen und helleren Glorie (einer Krone), welcher sich wohl eine Stunde erhielt. Während seines allmähligen Abnehmens schossen Strahlen von allen Gegenden nach dem Zenith hin, so daß um 8 Uhr der ganze Himmel mit dem Nordlichte bedeckt war. Lieutenant Johnson in Christiania, ein Schüler von Hansteen, hat das Phänomen dort nicht bloß genau beobachtet, sondern auch durch eine Zeichnung den Anblick d.sselben versinnlicht. Um 6 Uhr Abends sprang dort der schwache nördliche Wind nach einem heitern Tage plötzlich nach W. oder W.S.W. um, der Himmel bewölkte sich und es fiel so viel Reifschnee, daß die Straßen glatt mit Eis überzogen wurden. Plötzlich zeigte sich ein heller ellipsenförmiger Streif von W.S.W. durch das Zenith nach O.N.O., oben etwa 60° breit, an der Südseite durch die schon am Tage beobachtete Schneebank, ein finsteres, entfernten schwarzen Bergen ähnliches Gewölk, an der Nordseite durch eine Nordlichtbank begrenzt, aus welcher ein weißes Flammenmeer bis zur Höhe der Cassiopea hervorströmte. In der großen Axe der Ellipse lag ein mit Regenbogenfarben prangender Bogen, welcher mit beiden Schenkeln den Horizont berührte, am Zenith etwa 2°, unten gegen 9° breit war und in der Mitte die einer Glorie oder matten Sonne ähnliche Krone bildete, aus welcher Strahlen nach allen Seiten fuhren. Unter den stärksten Farben, dem Gelb, Violett und Roth, war die letztere vorherrschend, fiel oben am Bogen ins Weißliche, näher am Horizonte ins Dunkele, so daß es einer nächtlichen Feuersbrunst glich. Der Bogen stand eine halbe Stunde, dann vertheilte sich die Krone, demnächst von West her allmählig der Bogen, das Nordlicht blieb im S. noch als weißliche Wolken, dann bezog sich um halb 7 Uhr etwa der Himmel mit Wolken und der Wind aus W. hörte auf.

Bei Gelegenheit der angeführten Beschreibungen macht Hansteen aus einer Reihe von Nordlichtsbeobachtungen, die er vom Juli 1830 bis zum Mai 1831 zu Christiania anstellte, folgende allgemeine interessante Schlüsse:

1) „Wiewohl die kurzen Tage in den Monaten November, December, Januar und Februar die Beobachtungen des Nordlichtes begünstigen, sieht man es doch häufiger in den Zeiten der Tag- und Nachtgleiche oder bald nach derselben, als in andern Zeiten des Jahres. Dieses hat schon Mairan bemerkt, und stimmt auch mit meinen mehrjährigen Erfahrungen überein. Die zu der Zeit anfangende Erwärmung oder Abkühlung der Polargegenden muß wohl die Ursache davon sein.“

2) „Während aller Nordlichter um die Frühlings-Tag- und Nachtgleiche 1830, bis zu Ende des Jahres, waren die Bewegungen der Magnetnadel fast ausschließlich nach Osten gerichtet; bei den Nordlichtern 1831 waren östliche Bewegungen selten, westliche dagegen die allgemeinsten und sehr groß. Sollte man hierin vielleicht einen Gegensatz finden, da der Nordpol in der Herbst-Tag- und Nachtgleiche abgekühlt, in der Frühlings-Tag- und Nachtgleiche erwärmt wird?“

3) „In den letzten 10 bis 12 Jahren hat die Häufigkeit des Nordlichtes sehr zugenommen, und so häufig, wie um diese beiden letzten Tag- und Nachtgleichen habe ich es selbst in meinen Kinderjahren, d. i. seit 1793, hier in Christiania nicht gesehen. Es ist klar, daß wir jetzt am Anfange einer neuen Nordlichtperiode stehen. Die vorige fing 1707 mit dem merkwürdigen Nordlichte an, welches der berühmte Ole Römer den ersten Februar in Kopenhagen beobachtete (einige wenige schwache waren jedoch einige Jahre früher von ihm bemerkt worden), war um 1752 am stärksten und hörte um 1790 auf, worauf eine Pause von etwa 20 bis 25 Jahren eintrat, während welcher nur im hohen Norden Nordlichter, und noch dazu schwache gesehen wurden."

„Von solchen Perioden habe ich geglaubt seit dem Jahre 502 v. Chr. Geburt bis auf unsere Zeit 24 nachweisen zu können, von welchen besonders die neunte, von 541 bis 603, die zwölfte von 823 bis 887, die zwei und zwanzigste von 1517 bis 1588, und die vier und zwanzigste von 1707 bis 1788 sich durch ungewöhnlich starke und häufige Nordlichter auszeichneten."

„Die größte unordentliche Bewegung der Magnetnadel bei einem Nordlichte, innerhalb 24 Stunden, ist von Wargentin zu 5°, und von Wilcke sogar zu 5° 30′ beobachtet worden. Während des starken Nordlichtes am verwichenen 19. April durchwanderte die Nadel hier in Christiania von 10^h 44′ bis 11^h 31′ einen Bogen von 6° 12′."

Sehr selten sind Nordlichter am Tage beobachtet worden, doch hat sich auch dieses ereignet. So z. B. sollen am 9. Septbr. 1827 in England nach einem vorausgegangenen Regen um Mittag ein 20° hoher Nordlichtbogen und leuchtende aus ihm aufsteigende Säulen an einem klar gewordenen Theile des Himmels gesehen worden sein. Die Zeugnisse der Naturforscher über das Auftreten des Nordlichtes stimmen dahin überein, daß es eine der Nacht angehörige Erscheinung sei, welche in der Regel erst ein paar Stunden nach Sonnenuntergang auftrete, gewöhnlich nur in der ersten Hälfte der Nacht leuchte, und jedenfalls vor Sonnenaufgang verschwinde.

Innerhalb der heißen Zone sind die Nordlichter, soweit die Nachrichten reichen, niemals wahrgenommen worden; in den gemäßigten Zonen gehören sie zu den seltenen Erscheinungen, werden aber häufiger, je mehr man sich dem Polarkreise nähert und dort sind sie gewöhnlich. In Portugal wurde noch das große Nordlicht vom 19. Octbr. 1726 wahrgenommen. Schon häufiger sind Nordlichter in Italien beobachtet worden, doch immer als große Seltenheit. Höchst merkwürdig ist aber, daß jenseits des Polarkreises die Nordlichter wieder abzunehmen scheinen. So berichtet Giesecke, und nach Buch sind in Lödingen, welches jenseit des Polarkreises liegt, die Nordlichter selten. Im Allgemeinen scheinen die Nordlichter in Nord-Amerika weit häufiger zu sein, und sich tiefer herab zu erstrecken, als in Europa und Asien. Vom Jahre 1829 hat Arago 22 in Nord-Amerika sichtbare Nordlichter gezählt, obschon man annehmen muß, daß ihm bei weitem nicht alle bekannt geworden, während in dem mit Beobachtern übersäten Europa nur 19 Nordlichter wahrgenommen wurden. Aufklärung gewähren die

auf Parrys Reise gemachten Beobachtungen. Derselbe sah die Nordlichter unter 75° N.Br. im Süden und auf seiner Rückreise nach 61° 11′ N.Br. gingen dieselben allmählig in den Norden über, so daß unter dieser Breite ein Nordlicht nordwestlich vom Zenith erschien. Die Nordlichter scheinen also einen eigenen Strich zu haben und Parry hatte diesen auf seiner Reise durchschnitten. Durch die erste Entdeckungsreise von Roß wurden diese Beobachtungen bestätigt. Aus der genauen Vergleichung aller hierher gehörigen Nordlichtbeobachtungen macht nun Muncke den allgemeinen Schluß: Die eigentliche Linie der in der Regel täglich sich entzündenden Nordlichter, abgesehen von speciellen örtlichen Einflüssen, fängt in etwa 90° w. L. von Greenwich, unter 60° w. Br. an, läuft mit allmählig wachsender nördlicher Breite durch die Baffinsbai, die Spitze von Grönland, über Island und die nördlichen Theile von Spitzbergen bis etwa zum 40. Grade ö. L. von Greenwich, wo sie ihren höchsten nördlichen Punkt erreicht, kehrt dann langsam abnehmend durch das sibirische Eismeer und oberhalb der Beringsstraße allmählig zu ihrem Anfangspunkte zurück. Hierzu bemerkt Muncke: „Es trifft also mit andern auf den Erdmagnetismus bezüglichen Eigenschaften der Nordlichter zusammen, daß ihre Hauptplätze oder Hauptsitze die beiden magnetischen Pole der Erde umlagern. Auf dieser ihrer eigentlichen Linie sind sie allerdings am zahlreichsten, aber es folgt daraus nicht, daß sie dort zugleich am hellsten und glänzendsten sein müssen, womit mir die Erfahrung zu harmoniren scheint. Von dieser Linie aus verbreiten sie sich nach niedern und höheren Breiten, im Allgemeinen möchte ich annehmen bis zu 10 Breitengraden mit abnehmender Menge. Wie weit sie herabwärts in außerordentlichen Fällen steigen, dafür sind oben Beispiele (Portugall und Italien) angeführt worden, für die höheren Breiten aber fehlen uns die erforderlichen Nachrichten, inzwischen glaube ich aus theoretischen Gründen und soweit die mangelhaften Erfahrungen ein Urtheil hierüber zulassen, annehmen zu dürfen, daß sie nach höheren Breiten hin minder zahlreich werden und mitten zwischen beiden magnetischen Polen gänzlich fehlen. Uebrigens folgt keineswegs, daß jedes derselben einen Theil dieser Zone nach ihrer ganzen Breite einnimmt, vielmehr erscheinen sie sowohl unterhalb als auch oberhalb der angegebenen Linie von sehr ungleicher Ausdehnung nach der Länge und auch nach der Breite.“

Die Naturforscher haben sich viel mit der Frage beschäftigt, welches die eigentliche Höhe der Nordlichter sei, und dieselbe sehr verschieden beantwortet. Den Beobachtungen zur Beantwortung dieser Frage stehen indeß mehre Schwierigkeiten im Wege. Erstens ist eine Beobachtung der Höhe überhaupt nur bei den Nordlichtern möglich, bei welchen ein scharfbegränzter Lichtbogen auftritt. Aber solche Bögen treten dann oft mehre auf, und das Merkwürdigste ist, daß bei demselben Nordlichte für den einen Ort nur ein Bogen erscheint, während man an andern Orten 2 bis 3 concentrische Bögen erblickt. Die Berechnung der Höhe kann aber nur aus gleichzeitigen Beobachtungen an verschiedenen Orten geschehen. Endlich stehen aber auch die Lichtbogen nicht still, sondern dieselben sind fortwährend in einer bald schnellern,

bald langsamern Bewegung nach dem Zenith und über dasselbe hinaus. Die Art, wie sich die Lichtbogen bewegen, ist sehr verschieden. Hood hat Lichtbogen beobachtet, die sich nahe am Horizont bildeten und sodann nach dem Zenith aufstiegen, wobei sich ihre Theile mit ungleicher Geschwindigkeit bewegten. Bisweilen gingen ihre höchsten Punkte 60° bis 70° über das Zenith hinaus, ohne daß ihre untern Enden merklich von der Stelle rückten; dagegen wurden zu Cumberland-House zweimal Nordlichtbogen beobachtet, deren untere Enden bis zum Ost- und Westpunkte des Compasses kamen, während die Scheitel sich nur zu 10° über den Horizont erhoben. Indem man früher annahm, daß der eigentliche Sitz der Nordlichter am Pole sei, und aus ihrer Parallaxe ihre Höhe berechnete, fand Mairan ihre größte Höhe 160 bis 300 Meilen. Nach Bergmann haben sie eine Höhe von 30 bis 322 Meilen; nach Cavendish 50 bis 70 Meilen. Wie unsicher diese Bestimmungen sind, geht aus der Verschiedenheit der Resultate für dasselbe Nordlicht hervor. So berechnete Gilbert die Höhe des Nordlichtes vom 22. Octbr. 1804 auf 50,8 geographische Meilen, während diese Höhe nach Andern 177 geographische Meilen betrug. Potter berechnete die Höhe des am 12. Decbr. 1830 gesehenen Bogens nach Verschiedenheit der unsichern Bestimmungen zu 77, 99 oder 134 engl. Meilen, und Christie berechnet die Höhe des Bogens bei dem Nordlichte vom 7. Jan. 1831 zu 25,7 oder 14,86, oder 4,9 engl. Meilen, wogegen Hansteen die Höhe des Bogens = 26,3 geographische Meilen berechnet. Nach denjenigen Bestimmungen, welche eine bedeutende Höhe der Nordlichter geben, würden dieselben nicht innerhalb die Atmosphäre der Erde fallen, wofür doch sehr viele Umstände sprechen. Viele Beobachter setzen die Nordlichter in die Region der Wolken. So behauptet Krafft verschiedene Male das Nordlicht zwischen vielen getheilten Wolken gesehen zu haben. Farquharson behauptet als Resultat vieler Beobachtungen, daß die untern Enden der Nordlichtstrahlen bis zur gewöhnlichen Wolkenschicht, nämlich bis ungefähr 2000 Fuß über der Erdoberfläche herabgehen, die obern möchten 2000 bis 3000 Fuß höher sein; aber auf jeden Fall liege die Region derselben in den Wolken, oder da, wo die Veränderungen der Dämpfe oder Dünste stattfinden. Derselbe will später deutlich wahrgenommen haben, daß die Strahlen des Nordlichts nicht höher waren, als die feinsten am Himmel schwebenden Wolken. Auch die Reisenden in den Polargegenden bestätigen die Bildung der Nordlichter innerhalb der Atmosphäre. Auf Parrys Reise sah man einen Lichtstrahl des Nordlichtes zwischen dem Beobachtungsorte und dem nur 3000 Schritte entfernten Lande herabschießen, und Scoresby erzählt, unter 65° n. Br. sei das Nordlicht so tief herabgekommen, daß die Strahlen die Spitze der Masten zu berühren schienen. Auch Franklin sagt, daß er in mehren Fällen die Höhe des Nordlichts unter den Wolken gesehen habe. Auch Richardson behauptet in Folge zahlreicher Beobachtungen, daß er das Nordlicht deutlich unter den höhern Wolken und in der Region derjenigen feinen Wolken gesehen habe, welche sich nicht hoch über der Erdoberfläche zu befinden pflegen.

Gewöhnlich haben die Nordlichtbogen die Gestalt eines Kreisbogens, oft aber nehmen sie mehr eine elliptische Gestalt an. So sagt Hansteen in Christiania: „Die Erfahrung zeigt, daß der Nordlichtbogen ein Theil eines ganzen leuchtenden Kreises ist, welcher in einer gewissen Höhe über der Oberfläche der Erde steht; denn hier in unsern hohen nördlichen Breiten sehen wir ihn bisweilen, wenn seine lothrechte Höhe über der Oberfläche der Erde groß, sein Durchmesser aber klein ist, etliche Grade über dem nördlichen Horizonte in Gestalt einer ganzen sehr excentrischen Ellipse." Diese elliptische Gestalt, in welcher der kreisförmige Nordlichtbogen zuweilen erscheint, hat ihren Grund in derselben optischen Täuschung, nach welcher auch das Himmelsgewölbe elliptisch zusammengedrückt erscheint. (S. d. Art. Himmel).

Die Helligkeit des ausgebildesten Nordlichtes kommt der des Vollmondes nicht gleich, und nur die Großartigkeit der Erscheinung hat einzelnen Beobachtern so imponirt, daß sie eine übertriebene Beschreibung von der durch die Nordlichter in den Polargegenden bewirkten Helligkeit gemacht haben. Nach Brewster ist die Helligkeit des Nordlichtes im Allgemeinen der des Vollmondes im ersten Viertel gleich, wenn die Sonne einige Grade unter dem Horizonte ist. Ein Beweis von dem geringen Lichte der Nordlichter ist, daß man durch die Strahlen hindurch die Sterne erblickt, und zwar nicht allein die erster und zweiter Größe, sondern auch kleinere. Scoresby der in sehr hohen Breiten die Nordlichter beobachtete, setzt die Helligkeit derselben, wenn sie bis zum Zenith reichen, der des Vollmondes gleich. Nach Parrys sämmtlichen Angaben über seine Beobachtungen auf der Insel Melville unter 75° n. Br. war das Nordlicht kaum so hell als das Licht des Mondes in der ersten Quadratur, die Farbe glich der des erleuchteten Phosphors und spielte zuweilen etwas ins Rothe, sonst aber war keine Farbe wahrzunehmen. Parry bemerkte, daß auch die schwächsten Nordlichtstrahlen die Sterne ein wenig verdunkelten, gleichsam wie ein dünner vorgezogener Schleier. Auch Franklin fand, daß die größern Sterne niemals bei einem Nordlichte verschwanden, wohl aber zuweilen die kleineren, wenn die glänzenderen Theile des Nordlichtes unter ihnen hinzogen. Doch gibt es allerdings auch Angaben, welche eine größere Helligkeit der Nordlichter bezeugen. So beschreibt de la Pilaye die von ihm auf Terreneuve gesehenen Nordlichter so hell, daß ihr Licht durch die dicken dort herrschenden Nebel dringe und einen Schatten bewirke. Auch sollen die Nordlichter dort zuweilen irisirend sein, welches wahrscheinlich von der Brechung des Lichtes im Nebel herrührt. Am 13. Febr. 1821 wurde zu Fort Entreprise unter 64° 30′ n. Br. ein sehr helles Nordlicht gesehen, obschon an dem trüben Himmel kein Stern sichtbar war, und nur die Ränder des Mondes zwei Tage vor Vollmond schwach durch die Wolken schimmerten. Man könnte hieraus folgern, das Licht des Nordlichtes müsse das des Mondes bei weitem übertroffen haben, allein bei weitem wahrscheinlicher ist, daß das Nordlicht dort der Erde sehr nahe war, und bis unter die Wolken herab hing.

Es geht aus allen Beschreibungen hervor, daß der Kreisabschnitt,

welcher von dem Bogen des Nordlichtes umspannt wird, sich durch Dunkelheit auszeichnet. Daher wird er oft als eine schwarze finstere Wolke beschrieben, während er in der Regel nur der hinter dem Nordlicht stehende heitere, schwarzblaue Himmel ist, der nur um so dunkler erscheint, je heller der ihn umgebende Bogen ist. Daher geschieht es auch häufig, daß man die Sterne in ihm erblickt, wenigstens die größeren, wo es dann den Anschein hat, als ob die Sterne durch die dunkle Wolke hindurch schimmerten. So bemerkt Hamilton von dem 1763 gesehenen Nordlichte, daß man die Sterne durch die dicksten zu ihm gehörigen Wolken erblickt habe. Hieraus sieht man, daß in der That oft nur die Stellen des Himmels, welche durch den Glanz des Nordlichtes am meisten verdunkelt werden, es sind, welche von den Beobachtern für Wolken gehalten werden. Horner sah 1803 zu Schageragt bei einem glänzenden Nordlichte den untergehenden Arcturus mit röthlichem Lichte durch das dunkle Segment. Sehr viele Beobachter haben Aehnliches bei verschiedenen Nordlichtern beobachtet; noch bei dem letzten großen von 1831 sah Kries den Stern Wega durch den dunklen Kreisabschnitt schimmern.

Sehr allgemein ist die Annahme, daß das Nordlicht mit der Witterung im Zusammenhang stehe; doch da sich das Wetter so häufig verändert, so kann leicht ein Zusammenhang erdacht werden, der in der That nicht existirt. Sehr verbreitet ist die Meinung, daß nach einem Nordlichte der Winter strenger werde. Buch hörte, die niedrigen seien Vorläufer von heiterem Wetter, hohe, bewegte, strahlende und flackernde aber Vorboten von Stürmen. Nach Steward sollen sie auf den Edwards-Inseln Sturmwind und Regen verkünden. Dasselbe hörte Henderson von den Bewohnern Islands, und fand es bestätigt. Nach Mairan findet jedoch durchaus gar kein Zusammenhang zwischen den Nordlichtern und der Witterung statt, während Cotte denselben für entschieden hält und Thienemann und Wrangel die Nordlichter nur mit der Bildung leichter Wolken in Zusammenhang setzen. Gewöhnlich hat man angenommen, daß die Nordlichter nur bei heiterem Himmel auftreten könnten. Franklin sagt aber ausdrücklich, daß sie zu Fort Entreprise unter 64° 30′ n. Br. oft bei dunstigem Himmel entstehen. Ueberdieß bemerkt Franklin, daß die Wolken zuweilen am Tage die Form von Nordlichtern angenommen hätten, wobei dann auch eine Ablenkung der Magnetnadel beobachtet worden sei. Die Wolken scheinen nur dann die Erscheinung des Nordlichtes zu verhindern, wenn sie zwischen ihm und dem Auge des Beobachters hinziehen, nicht aber, wenn das Nordlicht selbst seinen Ort in ihnen hat. Wahrscheinlich waren die von Franklin am Tage beobachteten Phänomene wirkliche Nordlichter, die nur wegen des Sonnenlichtes nicht leuchtend erschienen. Leuchtende Wolken machen wahrscheinlich selbst Bestandtheile des Nordlichtes aus. — Sehr bemerkenswerth ist noch eine Beobachtung Wrangels über das Verhalten der Sternschnuppen gegen das Nordlicht, die jedoch bis jetzt noch von keinem andern Beobachter bestätigt worden ist. Er sagt: „wenn Sternschnuppen im Bereiche der Nordlichter erscheinen, so entzünden sich an der Stelle, wo dieselben

durchgingen, sogleich Feuersäulen, die sich dann von ihrem Entstehungsorte seitwärts (mit dem Winde) bewegen, und es entstehen an ihrer Stelle andere Säulen und Strahlenbündel. Daß demnach Sternschnuppen am Entzünden der Säulen im Nordlichte Antheil nehmen, ist oft von mir beobachtet worden.“ Wäre diese Beobachtung keine Täuschung, so würde sie einen neuen Beweis dafür enthalten, daß die Nordlichter (wie die Sternschnuppen) innerhalb der Erdatmosphäre entstehende Phänomene sind.

Die Physiker haben sich sehr viel mit der Erklärung des eigentlichen Wesens des Nordlichtes beschäftigt, ohne bis jetzt zu einer völligen Entscheidung dieser Frage gekommen zu sein. Musschenbroek u. a. hielten die Nordlichter für verbrennende Dünste; Halley meinte, die magnetische Materie ströme aus jedem Pole leuchtend nach dem entgegengesetzten. Cartesius u. a. waren der Meinung, das Sonnenlicht werde von flachen Eistheilchen, welche in den Polargegenden bis zu bedeutender Höhe über der Erde schweben sollten, zurückgeworfen. Nach Mairan sind die Nordlichter Ausströmungen der Sonnenatmosphäre. Euler sucht sie aus dem Stoße der Sonnenstrahlen gegen die Atmosphäre zu erklären, indem er die Erscheinung für gleichartig mit den Kometenschweifen hält. Hamilton, Canton, Franklin u. v. a. haben die Nordlichter für Erscheinungen elektrischen Lichtes gehalten, seitdem Franklin das matte Licht der Elektricität im luftverdünnten Raume kennen gelernt hatte. Die früheren Annahmen enthalten entweder falsche Voraussetzungen oder entsprechen nicht der Erscheinung. Gegen die letztgenannte Theorie hat man eingewendet, daß das Nordlicht nur geringe Aehnlichkeit mit dem elektrischen Lichte im luftleeren Raume habe (welche Behauptung aber ungegründet ist), und daß man selbst in den nördlichen Gegenden, wo die Nordlichter zu Hause sind, auch bei starken Nordlichtern keine Spur von Elektricität auch mit den feinsten Elektrometern habe wahrnehmen können. In jenen Gegenden ist die Luft aber sehr trocken, und eben durch diesen Umstand wird eine elektrische Entladung (das Nordlicht) in größeren Höhen begünstigt, während diese trockene Luft, wegen ihrer stark isolirenden Eigenschaft, die vorhandene sich ausgleichende Elektricität am Elektrometer, auch wenn es sich in möglichster Nähe befindet, nicht wahrnehmbar werden läßt. Nach Thienemann (der auf Island beobachtete) sind daher die Nordlichter elektrische Entladungen in den feinen Federwolken an derjenigen Grenze des Nordens, wo die Gewitter aufhören. Man hat auch das Geräusch, welches als begleitende Erscheinung oft erwähnt wird, auf die elektrische Entladung bezogen. Von den übrigen Erklärungen der Nordlichter sind nur noch die von Placidus Heinrich gegebene, welcher das Licht für phosphorisch hält, welches die durch Insolation leuchtend gewordenen Eismassen von sich geben sollen, und die von Kirwan und Parrot aufgestellten anzuführen. Diese behaupten, daß die flackernden Lichtsäulen des Nordlichtes von verbrennendem Wasserstoffgase erzeugt würden. Für die elektrische Natur des Nordlichtes spricht aber am lautesten ihr Einfluß auf die Magnetnadel, von dem im Art. Neigung der Magnetnadel S. 31 u. 36. gesprochen worden, und welcher durch

die elektromagnetischen und magnetoelektrischen Erscheinungen erklärt wird. Nach den (in den Art. Elektromagnetismus und Magnetoelektricität nachzulesenden) neuesten Erfahrungen ist jedes Phänomen, welches als elektrisch erwiesen ist, damit auch als magnetisch dargethan und umgekehrt. Nimmt man den Magnetismus der Erde als Folge der die Erde umziehenden elektrischen Ströme an, so läßt sich hiermit sehr wohl eine von Hansteen gemachte Beobachtung vereinbaren, nämlich, daß die Nordlichter dann aufzutreten pflegen, wenn die Intensität des Erdmagnetismus zu einer ungewöhnlichen Höhe gestiegen ist, und daß diese Intensität während der Entwickelung des Polarlichtes bedeutend geschwächt zu werden scheint.

O.

Ohr. Dieses Organ ist paarig und liegt am mittleren Theile der Seitenflächen des Kopfes in gleicher Höhe mit der Nase, größtentheils in den Schläfenknochen des Schädels tief vergraben. Es besteht aus mehrern von außen nach innen und vorn in horizontaler Richtung an einander liegenden Gebilden, die durch Gewebe und äußere Gestalt von einander sehr verschieden sind, und eine Reihe von gewundenen Gängen und Höhlen darstellen, in welchen die Schallwellen nacheinander aufgenommen, concentrirt und fortgeleitet werden, bis sie die Ausbreitung des Gehörnerven erschüttern. Das ganze Gehörorgan bietet drei Abtheilungen dar: eine äußere, mittlere und innere.

1) Zu der äußern Abtheilung gehört der von der Haut bedeckte Ohrknorpel mit seinen bewegenden Muskeln, der Gehörgang und das Trommelfell. Sie hat vorzugsweise nur die Bestimmung, die Schallwellen aufzunehmen und zu concentriren. Der Ohrknorpel liegt äußerlich, gleicht in Hinsicht seiner Gestalt einer Muschel, ist durch seine Wurzel mit dem Schläfenbein verbunden und mit mehrern Erhabenheiten und Vertiefungen versehen. An seinem Rande wird er durch eine nach außen gerichtete Umbiegung, die Ohrleiste, begrenzt, welche eine mit ihr concentrisch verlaufende Erhabenheit, die Gegenleiste einschließt. Die Gegenleiste entsteht mit zwei Schenkeln und endigt sich über dem Ohrläppchen in einen kleinen Vorsprung, welcher die Gegenecke genannt wird. Unter dem vordern Ende der Leiste und vor der Gegenecke findet man eine abgerundete, knopfförmige Erhabenheit, die Ecke, welche eine Art Klappe über den Gehörgang bildet. Am untern Ende des Ohrknorpels sieht man das Ohrläppchen, welches ein weicher, keinen Knorpel einschließender Anhang ist. Zwischen der Leiste und Gegenleiste verläuft eine Furche, die kahnförmige Grube, mit der sich eine zwischen den Schenkeln der Gegenleiste befindliche Vertiefung, die ungenannte Grube kurz vor ihrer Endigung verbindet. Zwischen der Ecke und Gegenecke bemerkt man den Einschnitt des Ohrs und vor dem ausgehöhlten Rande der Gegenleiste eine beträcht-

liche Vertiefung, die Ohrmuschel, welche durch die Fortsetzung der Leiste in zwei Hälften abgetheilt wird und an deren vorderem Theile man die Oeffnung des äußeren Gehörganges sieht. Dieses sind die Gegenstände an der äußern Fläche des Ohrknorpels; die entgegengesetzte Fläche ist convex und an ihr sind die Vorsprünge der Ohrmuschel, der Leiste und Gegenleiste am meisten bemerkbar. — Der Ohrknorpel wird durch mehre Muskeln, die sich an ihn anheften, verschiedentlich bewegt und gespannt. Dahin gehören der Heber, der Vorwärtszieher und die zwei bis drei Rückwärtszieher des Ohrs. Die Muskeln, welche einzelne Theile desselben bewegen und einander nähern, sind der große und kleine Leistenmuskel, der Muskel der Ecke und Gegenecke und der quere Ohrmuskel. — Der Gehörgang beginnt in der Ohrmuschel, geht nach innen und wird hinten durch das Trommelfell geschlossen. Die äußere Hälfte ist knorplig und bildet den knorpligen Gehörgang, die innere Hälfte ist im Schläfenbein befindlich und bildet den knöchernen Gehörgang. Beide Hälften sind durch Zellgewebe mit einander verbunden, werden inwendig mit einer Fortsetzung der Haut des äußern Ohrs, die sich blind im Grunde endiget, indem sie das Trommelfell überzieht, ausgekleidet, und sind mit einer Schicht von Talgdrüsen, den Ohrenschmalzdrüsen, welche eine gelbliche, bittere, ölige Feuchtigkeit, das Ohrenschmalz absondern, versehen. Außerdem ist der Gehörgang nach außen mit Haaren besetzt. Dieser Kanal variirt hinsichtlich seiner Länge bei verschiedenen Individuen von 12 bis 18 Linien; seine Weite nimmt, je mehr er sich seinem Ende nähert, allmählig ab. Sein Durchschnitt ist mehr elliptisch als kreisförmig und sein Durchmesser geht schräg nach unten und hinten. Er verläuft nicht in gerader Linie, sondern ist gewunden; er nimmt seine Richtung von außen nach innen und von hinten nach vorn, indem er zugleich eine leichte Krümmung mit nach oben gerichteter Wölbung bildet. Seine untere Wand ist länger als die obere, denn er endet mit einem schrägen Abschnitt, welcher durch das Trommelfell verschlossen ist, und zwar dergestalt, daß diese Haut mit dem Kanal nach oben einen stumpfen und nach unten einen spitzen Winkel bildet. — Das innerste Ende des knöchernen Gehörganges ist mit einem kreisförmigen Falz versehen, in welchem das Trommelfell, die Scheidewand zwischen dem äußern und mittlern Theil des Ohres, ausgespannt ist. Es ist eine dünne, faserige, elliptisch-herzförmige, gegen den Gehörgang zu concave, auf der entgegengesetzten, der Trommelhöhle entsprechenden, Fläche gewölbte, schräg nach außen und nach innen gerichtete Haut, welche aus drei Lagen besteht und durch den Handgriff des Hammers mit der in der Trommelhöhle befindlichen Kette der Gehörknöchelchen in Verbindung gesetzt ist.

2) Die mittlere Abtheilung des Gehörorgans begreift die Trommelhöhle, die Zellen des Zitzenfortsatzes die Eustachische Röhre und die Gehörknöchelchen nebst ihren Muskeln in sich. Die Trommelhöhle stößt unmittelbar an den äußern Gehörgang u. befindet sich in dem Schuppen- und Felsentheil des Schläfenbeins. Ihre Gestalt, obgleich unregelmäßig, nähert sich der sphärischen. Sie ist ziem-

lich gleich lang und breit, doch nicht in allen Richtungen gleich tief. An der untern Wand findet man nach vorn die Glasersche Spalte, durch welche die Sehne des vordern Hammermuskels und die Trommelsaite dringt. Die äußere Wand wird größtentheils durch das Trommelfell gebildet. An der innern Wand im obern Theile sieht man das ovale oder Vorhofsfenster, eine längliche Oeffnung, welche dem Trommelfell parallel liegt, im frischen Zustande durch das Grundstück des Steigbügels verschlossen wird und die Trommelhöhle mit dem Vorhofe verbindet. Ueber und hinter dieser Oeffnung findet man eine längliche Erhabenheit, welche durch den darin befindlichen Faloppischen Gang gebildet wird. Unter dem ovalen Fenster sieht man das Vorgebirge, eine hinten spitz zulaufende Erhabenheit, unter welcher der Anfang der Schnecke und ein Theil des Vorhofs liegt. Weiter nach unten vom eirunden Fenster, unter dem hintern Theile des Vorgebirges, zeigt sich das runde Fenster oder Schneckenfenster, welches in die innere Treppe der Schnecke führt und im frischen und unverletzten Zustande durch ein dünnes Häutchen verschlossen wird. Hinter dem Vorgebirge bemerkt man eine kleine dreieckige oder pyramidenförmige Erhabenheit, an deren Spitze sich eine kleine Oeffnung für den Steigbügelmuskel befindet. — Die Zellen des Zitzenfortsatzes befinden sich hinter der Trommelhöhle. Sie sind weit, unregelmäßig, zahlreich, stehen unter einander in Verbindung, nehmen den ganzen innern Theil des Zitzenfortsatzes ein und öffnen sich durch einige Mündungen in den hintern und obern Theil der Trommelhöhle. Sie scheinen zur Vergrößerung der Oberfläche des mittleren Ohrs zu dienen. — In dem vorderen und tiefer gelegenen Theil der Trommelhöhle befindet sich die Oeffnung der Eustachischen Röhre oder Trompete. Sie besteht aus einem knorpelichen und knöchernen Theile, wovon der letztere eine Verlängerung der Trommelhöhle ist. Von der Trommelhöhle aus geht sie schräg nach innen und vorn, und öffnet sich mit einer weiten Mündung über dem Gaumensegel in dem obern und seitlichen Theil des Schlundkopfes. Ihre Länge beträgt gegen zwei Zoll. — In der Trommelhöhle befinden sich drei Gehörknöchelchen, die mit einander eingelenkt sind und zwischen dem Trommelfell und dem ovalen Fenster, mithin dem innern Theile des Ohres eine Verbindungskette bilden. Der erste von ihnen, der Hammer, hat seine Anlage zunächst am Trommelfell und hat von seiner keulenförmigen Figur oder auch von seiner Lage auf dem Ambos den obigen Namen erhalten. Man unterscheidet an ihm den Kopf, den Hals, einen vordern langen, einen äußern kurzen Fortsatz und den Handgriff. Der Handgriff liegt zwischen den zwei innern Platten des Trommelfells und der Kopf lenkt sich nach hinten mit dem Amboß ein. Der Amboß gleicht einem zweiwurzlichen Backenzahne und wird in den Körper und in einen kurzen und langen Fortsatz eingetheilt, an welchen sich noch das Linsenbeinchen als Knochenvorsprung befindet. Durch den langen Fortsatz steht dieses Knöchelchen mit dem nächstfolgenden in Verbindung; der kürzere befestigt sich unweit der Oeffnung der Zellen des Zitzenfortsatzes. Das dritte Knöchelchen ist

der Steigbügel, der mit dem vollkommensten Rechte wegen seiner Form diesen Namen verdient. Man unterscheidet an ihm das Köpfchen, zwei Schenkel und den Fußtritt. Durch das Köpfchen ist er mit dem langen Fortsatz des Ambosses verbunden und mit dem Fußtritt ruht er auf dem ovalen oder Vorhofsfenster, und ist durch die Schleimhaut der Trommelhöhle auf eine lose Weise an deren Ränder angeheftet, so daß er sich in demselben etwas hin und her bewegen kann. Diese Knöchelchen werden durch Bänder mit einander verbunden und erhalten außerdem noch einen Ueberzug von der Schleimhaut der Trommelhöhle. — Durch die Thätigkeit dreier Muskeln, die wie die Knochen, an welche sie sich heften, die kleinsten im menschlichen Körper sind, werden der Hammer, der Amboß und Steigbügel bewegt. Der eine von ihnen ist der Spanner des Trommelfells, entspringt von der obern Wand der Eustacchischen Trompete und geht in einem eigenen Knochenkanal zum Halse des Hammers, wo er sich an dessen unteren Theil befestigt. Der andere, der Erschlaffer des Trommelfells kommt aus der Glaserschen Spalte hervor u. heftet sich an das Ende des langen Fortsatzes vom Hammer. Die dritte Muskel endlich ist der Steigbügelmuskel. Er liegt in dem Kanal der pyramidenförmigen Erhabenheit, tritt durch die Oeffnung desselben hervor, und befestigt sich am Kopfe des Steigbügels. Durch diese Muskeln wird nicht bloß die Kette der Gehörknöchelchen bewegt, sondern das Trommelfell wird dadurch theils mehr angespannt und selbst trichterförmig nach innen gezogen, theils mehr erschlafft.

3) Die innere Abtheilung des Ohrs macht das Labyrinth aus. Es liegt tief im Felsentheile des Schläfenbeins eingesenkt zwischen dem gemeinschaftlichen Nervengange für die Gehör- und Antlitznerven und der Paukenhöhle. Es besteht aus drei mit einander verbundenen Theilen oder Höhlen nemlich dem Vorhofe in der Mitte, den Bogengängen nach hinten und der Schnecke nach vorn. Das Labyrinth öffnet sich außerhalb durch zwei kleine Kanäle, die sogenannten Wasserleitungen, welche auf der innern Seite liegen, in die Schädelhöhle. Der Vorhof ist eine kleine eiförmige Höhle etwa von der Größe einer Erbse, welche sowohl mit den Bogengängen als der Schnecke communicirt. An ihm bemerkt man zwei Grübchen, das halbkreisförmige und das eiförmige, dem gemeinschaftlichen Nervengange gegenüber, von dem sie durch eine dünne und von zahlreichen kleinen Löchern durchbohrte Scheidewand getrennt sind. Außerdem bemerkt man an seiner äußern Fläche das in die Trommelhöhle führende eirunde Fenster, fünf Oeffnungen für die Bogengänge, von welchen sich die obern in das eiförmige Grübchen öffnen, die untern aber mehr nach unten und nach hinten liegen, an der innern Wand die kleine Oeffnung der Wasserleitung des Vorhofs, die sich hinter dem gemeinschaftlichen Nervengange in die Schädelhöhle ausmündet, und nach vorn und unten den Eingang zur äußern Treppe der Schnecke. Die Bogengänge sind drei gekrümmte Kanäle, worunter zwei senkrechte und ein wagerechter. Der vordere senkrechte ist nach vorn und außen mit der Wölbung nach oben gerichtet; der hintere senkrechte steht tiefer als

jener, schräg nach hinten und außen und mit der Wölbung nach hinten; der wagerechte oder mittlere liegt im Winkel, welchen die zwei senkrechten Bogengänge unter einander bilden, und seine Wölbung ist nach hinten gerichtet. Diese drei Gänge haben zusammen nur 5 Oeffnungen in den Vorhof, indem die innern Enden der beiden senkrechten Bogengänge sich vorher unter einander vereinigen. Jeder dieser Bogengänge hat an einem seiner Enden eine eiförmige Blase oder blasenartige Anschwellung, Ampulle. An den senkrechten Gängen findet sich die Blase an den nicht verbundenen Enden. Der wagerechte Gang hat sie an seinem vordern Ende. — Die Schnecke hat ihren Namen von der Aehnlichkeit mit dem Gehäuse einer Schnecke. Sie besteht aus einem allmählig enger werdenden Gange, welcher sich $2\frac{1}{2}$ mal um eine sehr kurze wagrechte Axe, die Spindel, in die Höhe windet. Eine im Innern des Kanals befindliche Scheidewand, das Spiralblatt, windet sich mit ihm um die Spindel und theilt ihn in zwei Gänge oder Treppen, eine innere und äußere. Der Theil des Spiralblatts, welcher der Spindel am nächsten liegt, ist knöchern, der andere bloß häutig. Dieses Spiralblatt geht jedoch nicht ganz bis zu dem Ende des Kanals unter der Kuppel der Schnecke, sondern läuft in ein freies hackenförmig umgebogenes Ende aus, wo die beiden Treppen zugleich durch eine kleine Oeffnung mit einander verbunden sind. Die innere oder untere Treppe, auch Trommeltreppe genannt, beginnt am runden Fenster, und in ihr sieht man neben diesem Fenster die Oeffnung der Wasserleitung der Schnecke, welche sich unter dem Eingange des gemeinschaftlichen Nervenganges in die Schädelhöhle ausmündet. Die äußere, obere oder Vorhofstreppe öffnet sich in den vordern untern Theil des Vorhofes. Die Spindel liegt wagerecht in die Quere, ist kegelförmig, fängt von dem Orte des gemeinschaftlichen Nervenganges mit einer hohlen Platte an, welche von zahlreichen kleinen Löchern, den Eingängen feiner knöcherner bis in die Spitze sich erstreckender und an der Spiralplatte ausmündender Röhren durchbohrt ist, und geht in der letzten Windung der Schnecke in ein dünnes Knochenplättchen aus. — Der Vorhof und die Bogengänge enthalten in ihrem Innern äußerst feine weiche röhrenförmige Häute, welche die Gestalt der knöchernen Höhlen haben, jedoch enger als diese sind, so daß ein freier Raum zwischen ihnen und den Knochen bemerklich ist. Jeder knöcherne Bogengang enthält folglich einen sehr engen mit einer Blase versehenen häutigen Bogengang. Diese Röhren öffnen sich in einen länglichen Sack, den gemeinschaftlichen Sack, welcher im eiförmigen Grübchen liegt, und dieser hängt mit dem kleinern rundlichen Sack, der im halbkreisförmigen Grübchen befindlich ist, zusammen. Der Raum zwischen dem häutigen und knöchernen Labyrinth, so wie auch die Säcke werden von einer hellen, serösen Flüssigkeit, das Labyrinthwasser erfüllt, und nach den neuesten Entdeckungen enthält die in den Säcken befindliche immer kleine Anhäufungen von kalkartigen Krystallchen, den Ohrsand. Auf diesen Häuten vertheilt sich der Hörnerv, welcher gemeinschaftlich mit dem Antlitznerven in den gemeinschaftlichen Nervengang dringt, sich in mehre Zweige theilt und durch die er-

wähnten Löcherchen in den Vorhof u. die Bogengänge dringt. Ein Hauptzweig des Nerven dringt durch die durchlöcherte Platte an der Grundfläche der Spindel in diese ein, geht durch die Kanälchen und breitet sich auf dem Spiralblatte aus. — Seine Blutgefäße erhält das Gehörorgan von der Kopfschlagader und die Blutadern gehen in den Querblutleiter und in die Drosselader. Außer den Hörnerven wird es noch vom Antlitznerven und dem Kopftheil des vegetativen Nervensystems mit Zweigen versehen. — Die Function des Gehörorgans ist eine dreifache, nämlich 1) die, den Schall von außen aufzufassen und nach innen zu leiten; 2) dieses Auffassen und Fortleiten des Schalls durch angemessene Stellung der zunächst dabei concurrirenden Ohrtheile zu begünstigen und zu befördern; und 3) die der Wahrnehmung dieses Schalles selbst. Diesen drei Functionen entsprechen die drei verschiedenen Abtheilungen des Ohrs, deren Hergang wir jetzt mit Hinweisung auf den Art. Schall näher betrachten wollen.

Daß das äußere Ohr mit dem Gehörgange bestimmt ist eine größere Menge von Schallwellen aufzufassen, zu concentriren, und nach den wesentlichen Theilen des Gehörorgans zu leiten, ist keinem Zweifel unterworfen. Durch das Abschneiden der äußern Ohren wird das Gehör bedeutend geschwächt; dagegen hören wir besser, wenn wir das Ohr mit seiner innern Fläche nach der Gegend hinrichten, von woher der Schall kommt; auch durch trompetenförmige Röhren, Hörröhre, deren spitzigen Endtheil wir in den Gehörgang setzen, sind wir im Stande leiser und bestimmter zu hören. Auf ein nicht ganz richtiges Experiment Boerhaves gestützt, hatte man sonst angenommen, daß alle Erhabenheiten und Vertiefungen des Ohrknorpels so berechnet wären, daß der Schall, von welcher Seite er auch herkomme, und welchen Theil des Ohrs er auch berühre, immer nach Art des Lichtes mehrmals reflectirt und zuletzt in das innere Ohr geleitet werde, was beim Menschen die bei vielen Thieren bemerkbare Beweglichkeit des äußern Ohrs ersetzen würde. Seitdem ist aber dargethan worden, daß höchstens der Ohrmuschel dieser Nutzen zugeschrieben werden kann. Der Hauptnutzen des äußern Ohrs liegt in seiner großen Elasticität, vermöge welcher die Schallwellen dasselbe in ähnliche Schwingung versetzen, und auf diese Weise nach innen geleitet werden. Die Schwingungen einer elastischen Platte sind um so bedeutender, je mehr der Schall in senkrechter Richtung auf dieselbe einwirkt, woraus der Nutzen der Erhabenheiten und Vertiefungen des Ohrs hervorgeht, indem, von welcher Seite der Schall auch herkomme, derselbe demnach immer irgend einen Theil des Ohrs in senkrechter Richtung trifft. Der Winkel, welchen das äußere Ohr mit der Seitenfläche des Kopfes bildet, ist, wie Buchanan erwiesen hat, von nicht unbeträchtlicher Wichtigkeit für die Feinheit des Gehörs; mißt dieser Winkel unter 20 Grad, wenn nämlich das Ohr sehr an den Kopf anliegt, so ist das Gehör niemals fein. Wird ein solches Ohr zufällig zum Theil abgeschnitten und in einer vortheilhafteren Lage angeheilt, so wird das zuvor stumpfe Gehör schärfer. Der vortheilhafteste Winkel ist der von 45 Graden. Wegen der allgemein üblichen engen Kopfbedeckungen und des Mangels an Uebung vermögen die civilisirten Völker

die Muskeln des Ohrknorpels nicht zu bewegen. Am öftersten ist dieses noch mit dem Heber, den Vorwärts- und Rückwärtsziehern der Fall. Alle Menschen sind aber geneigt, wenn sie etwas genau hören wollen, die Gesichtsmuskeln überhaupt, und hiermit die Haut anzuspannen, daher die eigne Miene des Horchens, wodurch denn auch die Ohrknorpel eine größere Spannung erhalten. — Der Gehörgang dient als Focus vieler auf die Ohrmuschel fallender Schallwellen und leitet sowohl die einfallenden Schallwellen durch seine Höhle, als auch die dem äußern Ohre mitgetheilten Schwingungen durch seine elastischen, knorpligen und knöchernen Wandungen an das Trommelfell.

Merkwürdig ist das Auftreten der Haare und des Ohrenschmalzes in diesem Kanale. Ohne Zweifel tragen jene zur Abhaltung von Staub und anderen äußeren Schädlichkeiten bei, und das letztere erhält vermuthlich die Weichheit des häutigen Ueberzuges und schützt denselben vor äußeren Einwirkungen. Kleine hineinkriechende fremde Körper bleiben an ihm hängen, auch entfernt es vielleicht kleine Thierchen durch seine Bitterkeit. Außerdem soll es aber, wie zwar schon Nicolaus Papinius u. A. namentlich aber in ganz neuerer Zeit Buchanan gelehrt haben, die sonst unregelmäßigen und unbestimmten Schallwellen modificiren und in hörbare und bestimmtere umwandeln, damit sie einen weichen, von aller Schärfe freien Ton geben können. Gewiß ist, daß die Verminderung oder der Mangel des Ohrenschmalzes im Gehörgange Hitze, schmerzhaftes Zucken, unangenehme Geräusche und später Schwerhörigkeit verursacht. Die direct in den Gehörgang und auf das Trommelfell einfallenden oder durch den Ohrknorpel und die Wandungen des Gehörganges zu demselben geleiteten Schallwellen bringen in demselben ähnliche schwingende Bewegungen hervor, welche mittelst der Gehörknöchelchen und der Wandungen der Trommelhöhle einerseits und der in dieser Höhle befindlichen Luft andererseits durch das Vorhofs- und Schneckenfenster zum Labyrinth geleitet werden. Nach Savarts Versuchen scheint es indeß vorzugsweise der durch die Luft mitgetheilte Schall zu sein, der das Trommelfell in Schwingung versetzt. Dieser Physiker nahm nemlich einen aus einem Kartenblatt gemachten Kegel und befestigte an dessen abgestumpfte Spitze eine kleine gespannte Membran, wodurch die Oeffnung etwa so wie der Gehörgang durch das Trommelfell geschlossen war. Brachte er auf der andern Seite des Kegels in der Nähe seiner Wandung Töne hervor, so gerieth die Membran kaum in Schwingung, brachte er aber die nemlichen Töne an der Basis des Kegels hervor, so daß sie durch die in ihm enthaltene Luft zu der Membran fortgeleitet wurden, so entstanden selbst aus einer Entfernung von 25 bis 30 Meter sehr deutliche Schwingungen. — Aus der Art und Weise, wie die Muskeln des Hammers sich an ihm befestigen und wie dieses Knöchelchen selbst an das Trommelfell sich befestigt, geht deutlich hervor, daß es verschiedene Spannungsgrade für das letztere geben muß. Durch den Spanner des Trommelfells wird sie angespannt, durch den Erschlaffer erschlafft. Die über diesen Gegenstand aufgestellten Vermuthungen scheinen durch einige Versuche Savarts an Wahrscheinlichkeit gewonnen zu haben. Da die Schwingungen einer gespannten

Haut um so schwächer sind, je stärker dieselbe angespannt ist, so erhellt daraus der Nutzen der Muskeln der Gehörknöchelchen, welche bei starken Tönen die Spannung des Trommelfells vermehren und bei schwachen Tönen vermindern, wodurch Töne, welche sonst den Hörnerven schmerzhaft afficirt haben würden, erträglich, diejenigen aber, welche ihrer Schwachheit wegen unbemerkt geblieben wären, fühlbar werden. — Die vielen dünnen Knochenplättchen, welche die Zellen des Zitzenfortsatzes bilden, so wie auch die zwischen den Schenkeln des Steigbügels hingespannte Haut, sollen nach Magendie die schwingende Oberfläche vermehren und die Schallschwingungen verstärken; Treviranus hingegen hat es wahrscheinlich gemacht, daß jene Zellen zu der Ableitung eines Theiles von den Schwingungen dienen, die nicht zum runden Fenster gelangen. Sie verschwinden in ihnen ungehört. — Der Nutzen der Eustacchischen Trompete ist vielfältig. Da sie die Luft in der Trommelhöhle mit der äußern Luft in Verbindung setzt, so erhält sie ungeachtet des äußern wechselnden Luftdruckes und Wärmegrades die Luft der Trommelhöhle mit der atmosphärischen im Gleichgewichte, wodurch eine immer wechselnde Spannung des Trommelfells verhütet wird. Da ferner die Stärke des Tons mit der chemischen Zusammensetzung der Luftarten wechselt, so erhält die Eustacchische Trompete die normale Beschaffenheit der Luft in der Trommelhöhle und führt eine immer gleichmäßig erwärmte Luft in dieselbe ein. Sie erleichtert außerdem die Bildung der Schallschwingungen in der Luft der Trommelhöhle, während eine geschlossene Höhle dieselbe erschwert haben würde. Endlich leitet sie die in der Trommelhöhle abgesonderten Flüssigkeiten nach außen. Daß sie den Schall zum innern Ohr leiten könne, ist eine falsche und jetzt völlig widerlegte Behauptung. Ist die Eustacchische Röhre verstopft, so entsteht Ohrensausen, indem ein Widerhall der Schallwellen gehört wird, und oft auch gänzliche Taubheit.

Was den Nutzen des innern Ohrs anlangt, so wissen wir darüber sehr wenig. Im Allgemeinen nimmt man an, daß die in die Trommelhöhle geleiteten Schallwellen durch das Vorhofsfenster auf den Vorhof und die Bogengänge und durch das Schneckenfenster auf die Schnecke wirken. Zuerst theilen sich hiernach die Schwingungen der Flüssigkeit im Labyrinthe mit, und durch diese wird der auf dem häutigen Labyrinth vertheilte Hörnerv angeregt. Die allzu große Erschütterung des Nerven wird dadurch verhindert, daß die Nervenhäute nicht unmittelbar mit den Knochen in Berührung stehen, sondern durch eine Schicht von Flüssigkeit von demselben getrennt werden. Auf der andern Seite aber wird die Einwirkung der Schallschwingungen auf die Nervenhäute nach Huschke und Breschet durch die Anwesenheit der staubförmigen Kalkkrystalle verstärkt. Auch bemerkt man, daß diese Körperchen sich grade an den Stellen vorfinden, wo die Nervenvertheilung auf dem häutigen Labyrinthe am reichhaltigsten ist. Die Wasserleitungen wurden seit Cotugno und Meckel immer für Ableitungsröhren gehalten, theils um die zu große Wasseransammlung zu verhüten, theils um die Schwingungen der Labyrinthfeuchtigkeit, welche in einer ganz geschlossenen Höhle erschwert sein würden, zu begünstigen. Durch Ribes,

Itard, Esser, Breschet u. A. ist indessen genügend dargethan, daß diese Hypothese falsch sei und die sogenannten Wasserleitungen nur zum Durchgang von Gefäßen bestimmt seien. Vom eigentlichen Labyrinthe scheint der Vorhof der wesentlichste Theil zu sein, wenigstens ist in niedern Thieren jede Spur der Schnecke und der Bogengänge schon längst verschwunden, während der Vorhof als mittlerer Theil des Labyrinths noch vorhanden ist. Die Schnecke scheint weniger wesentlich als die Bogengänge zu sein, denn schon bei den Vögeln ist die Schnecke sehr klein und verschwindet bald gänzlich, während die Bogengänge fast bei allen Wirbelthieren vorkommen. Ueber den besondern Nutzen des Vorhofs, der Bogengänge und der Schnecke wissen wir nichts Bestimmtes. Nach einigen sollen alle Schallwellen, welche nicht in die Vorhofstreppe gelangen, von den Bogengängen aufgefangen und den feinen Verzweigungen des Gehörnerven mitgetheilt werden. Nach andern sollen sie nicht bloß zur Fortpflanzung, sondern auch zur Verstärkung des Schalles dienen. Autenrieth und Kerner glaubten, daß die Bogengänge zur Erkennung der Richtung der Schallstrahlen dienten. Der Nutzen der Schnecke soll der sein, den Schallwellen theils eine größere Fläche darzubieten, theils eine Verstärkung derselben hervorzubringen. Autenrieth und Kerner meinen, daß wir durch die Schnecke im Stande seien, die Qualität und Quantität der Töne zu unterscheiden. Nach Weber endlich wirken die durch die Knochenmasse des Schenkels fortgepflanzten Schwingungen vorzüglich auf die Nerven der Schnecke, dagegen die durch das Trommelfell fortgepflanzten Schwingungen der äußern Luft vorzüglich auf das häutige Labyrinth.

L.

Optik (v. d. griech. ὄπτω sehen) könnte im Allgemeinen die Lehre vom Sehen übersetzt werden, da aber das Licht die Ursache alles Sehens ist, so ist die Optik näher die Lehre vom Licht. Wir sehen die Körper 1) wenn Licht von ihnen ausgeht, welches stets geradlinig nach allen Seiten hin geschieht — selbstleuchtende Körper; 2) wenn auf sie fallendes Licht von ihrer Oberfläche zurückgeworfen wird, welches stets unter demselben Winkel geschieht, in welchem es auffällt, — beleuchtete Körper und 3) wenn Licht durch sie hindurch geht und dabei eine Modification in der Richtung (Brechung) oder in der Färbung (Brechbarkeit) erleidet, — durchsichtige Körper. Undurchsichtige Körper sind solche, welche kein Licht durch sich hindurch lassen, die daher, wenn sie kein Licht zurückwerfen, aber gegen das Licht gehalten sind, dunkel erscheinen und einen Schatten hinter sich werfen. Besondere Modificationen erleidet das Licht auch beim Vorbeigehen bei Körpern (Beugung), wovon ebenfalls in der Optik gehandelt wird. Der Theil der Optik, welcher von dem durch die Körper gehenden Lichte handelt, heißt Dioptrik, so wie der Theil, welcher das zurückgeworfene Licht betrachtet, Katoptrik genannt wird. Als besondere Lehren in der Optik werden noch die Photometrie (griechisch, Lichtmessung) die Lehre von dem Grade der Erleuchtung und der Perspective, abgesondert. Die letztere lehrt die Modificationen des Lichts und Schattens

durch welche in einer Ebene befindliche Gegenstände als räumlich verschieden erscheinen. Die optischen Instrumente bestehen theils aus Spiegeln (welche das Licht zurückwerfen), theils aus Linsen (welche das Licht durchlassen) und sind somit Gegenstände der Dioptrik und Katoptrik. — S. d. einz. Art., besonders Licht, Linsen, Spiegel, Auge, Gesicht, Brechung, Beugung u. s. w. u. s. w. — Das neueste vorzüglichste Werk über Optik ist J. F. W. Herschel, vom Lichte, übersetzt von Ed. Schmidt, Stuttg. 1831.

Organische Körper (v. d. griech. ὄργανον Werkzeug) werden den anorganischen Körpern entgegengesetzt, indem man unter jenen alle diejenigen Körper begreift, welche eigenthümliche Gliedmaßen besitzen, die eine theils willkührliche (Thierwelt), theils unwillkührliche (Pflanzenwelt) Bewegung haben, so lange der Körper individuelles Dasein (Leben) hat. Wie diese Bewegung aufhört, tritt das Verderben des Körpers ein, der Tod, indem der Körper in seine anorganischen Bestandtheile sich auflöst. Die anorganischen Körper zeigen zwar auch individuelle Form in den Krystallen (s. d. Art.), auch ein regelmäßig in das Innere gehendes Gefüge, aber keine beweglichen Glieder, kein Leben. Indem man die organischen Körper in ihre Bestandtheile zerlegt, tödtet man sie und kommt daher immer zu anorganischen Körpern. Hierbei aber erhält man höchst eigenthümliche Substanzen oder Stoffe, welche sich zwar größtentheils auf bekannte anorganische einfache Stoffe zurückführen lassen, aber die merkwürdigsten besonderen Eigenschaften haben, welche man einer directen Verbindung jener einfachen Stoffe nicht zu geben vermag. Diese Stoffe werden daher in einem eigenen Theile der Chemie der sogenannten organischen Chemie betrachtet. Diese konnte, da sie der eigentlichen Physik zu fern liegt, in diesem Werke keine Aufnahme finden.

Osmium ist ein edles, schweres Metall, welches im rohen Platin vorkommt und erst 1803 von Tennant entdeckt worden ist. Man erhält es bei der Reduction des Oxyds als ein schwarzes Pulver, welches mit dem Polirstahle gerieben eine kupferrothe Farbe und Metallglanz annimmt, oder, wenn dabei starke Weißglühhitze angewendet wurde, als eine mehr compacte, metallglänzende Masse von stahlgrauer Farbe und einem specif. Gewichte = 10. Dasselbe ist bei Ausschluß der Luft unschmelzbar und feuerbeständig. Bei gewöhnlicher Temperatur verbindet es sich mit Sauerstoff aus der Luft. Doch konnte Berzelius bei gewöhnlicher Temperatur keine Oxydation wahrnehmen. Beim Erhitzen aber oxydirt sich das pulverförmige Osmium leicht und läßt sich sogar entzünden. In concentrirter Salpetersäure und Königswasser löst es sich leicht auf. Das compacte Osmium dagegen oxydirt weder an der Luft, noch löst es sich in Säuren auf. Berzelius nimmt 5 Oxydationsstufen des Osmium an: Osmiumoxydul, Osmiumsesquioxydul, Osmiumoxyd, Osmiumsesquioxyd und Osmiumbioxyd. Hierzu kann man noch hinzufügen das blaue Oxyd, welches eine Verbindung von Oxydul und Sesquioxydul

ist. Die niederen Oxydationsstufen bilden isolirt dunkelgrüne oder schwarze geruchlose Pulver und mit Säuren farbige Salze. Das Bioxyd ist von weißer Farbe und von stechendem, dem Chlor ähnlichem Geruche und scharfem Geschmacke. Dasselbe ist sehr flüchtig, löst sich leicht in Wasser und destillirt mit demselben über, d. h. nimmt mit ihm zugleich Dampfform an. Die Lösung ist farblos und färbt die Hand schwarz. Hydrothionsäure und andere desoxydirende Körper reduciren das Osmiummetall, indem sie die Flüssigkeit erst purpurn, dann blau färben, woraus sich Osmium als ein schwarzes Pulver absetzt.

P.

Palladium ist ein dem Platin sehr ähnliches Metall, in Bezug auf Glanz, Farbe und Härte, dessen specif. Gewicht = 12 ist, und das erst in neuerer Zeit von Wollaston in der rohen Platina entdeckt worden ist. Dasselbe ist in Salpetersäure und in Königswasser löslich. Es verbindet sich mit dem Sauerstoff in 2 Oxydationsstufen: Oxydul und Oxyd. Dieses bildet mit Säuren braune oder rothe Salze, welche sich zum Theil mit Alkalien zu Doppelsalzen verbinden, die Krystalle mit zweierlei Farbe, roth und grün bilden, je nachdem man sie in verschiedenen Winkeln betrachtet. Das Palladiumoxyd ist übrigens im trockenen Zustande schwarz und im gewässerten gelbbraun. — Das Palladiumoxydul entsteht, wenn Palladium vor dem Sauerstoffgebläse verbrannt oder in Salpetersäure aufgelöst wird. Dasselbe ist ebenfalls von schwarzer Farbe. — Wenn man über eine Weingeistlampe ein Palladiumblech hält, so bedeckt es sich im inneren Theile derselben mit Kohle, die beim Verbrennen Palladium zurückläßt. Eben so schwillt schwammiges Palladium, welches glühend auf einen mit Weingeist getränkten Docht gelegt wird, indem sich palladiumhaltige Kohle bildet, um mehr als das Zehnfache auf. Wird die Kohle an der Luft verbronnt, so erhält man ein Gewebe oder Gerippe von Palladium.

Pallas (v. d. griech. Göttin Pallas, der Göttin der Weisheit und des sinnigen Verstandes), heißt einer der vier kleinen Planeten, welche zwischen Mars und Jupiter stehen. Ihr astronomisches Zeichen ist ⚴, welches eine Lanze (das Attribut der Göttin) bedeuten soll. Die Pallas wurde am 28. März 1802 von Olbers entdeckt. Sie bewegt sich in einer mittleren Entfernung von $57\frac{2}{3}$ Millionen Meilen um die Sonne in einer sehr langgezogenen Ellipse, so daß also die Excentricität ihrer Bahn sehr bedeutend ist. Demgemäß ist auch ihr Abstand von der Erde und ihre scheinbare Größe sehr veränderlich. Ihre kleinste Entfernung von der Erde ist = 21 Mill. Meilen, ihre größte = 90 Mill. Meilen. Die Größe der Pallas läßt sich wegen der Veränderlichkeit ihrer Atmosphäre nur schwer messen. Nach Schröter ist aber

die kleinste scheinbare Größe = 1″, die größte = 4″,2. Herschel gibt jedoch an, daß der Durchmesser niemals größer als 1″ sei. Eben so ungewiß ist man über ihren wahren Durchmesser. Nach Schröter beträgt derselbe 452 Meilen. Vergl. d. Art. Planeten.

Parallaxe (v. d. griech. παραλλάσσω verändern), heißt im Allgemeinen die Verschiedenheit des scheinbaren Ortes eines Gegenstandes, der von zwei an verschiedenen Orten sich befindenden Beobachtern betrachtet wird, oder welchen derselbe Beobachter von zwei verschiedenen Beobachtungsorten aus betrachtet. Daß in der That die Dinge ihren scheinbaren Ort verändern, wenn wir sie von verschiedenen Punkten aus beobachten, ist eine sehr bekannte Erfahrung. Wir dürfen nur bei einer Reise zu Wagen etwa einen Baum, hinter dem ein ferner Kirchthurm hervorragt, ins Auge fassen, so werden wir sehen, daß es den Anschein hat, als ginge der Baum am Kirchthurme vorüber, bald steht jener weit von diesem ab: der Baum hat also seinen scheinbaren Ort verändert. Besonders wichtig ist die Bestimmung der Paralaxe für die Astronomen. Wir beobachten von der Erde aus die Sterne. Da nun alle Bestimmungen über die Stellungen der Gestirne auf den Mittelpunkt der Erde bezogen werden, wir aber stets an der Oberfläche der Erde unsere directen Beobachtungen anstellen; so ergibt sich für die Astronomen die Aufgabe: Wenn ein Gestirn von der Oberfläche der Erde aus betrachtet an einem bestimmten scheinbaren Orte sich befindet, an welchem scheinbaren Orte würde es ein Beobachter erblicken, der sich im Mittelpunkte der Erde befände? Die Beantwortung dieser Frage heißt die Bestimmung der täglichen Parallaxe. Offenbar hängt die Größe der scheinbaren Ortsveränderung hier ab von der Größe des Erdhalbmessers, welcher die Entfernung der beiden Beobachtungsorte angibt, und von der Entfernung des betrachteten Gestirnes. Je größer die letztere gegen die Größe des Erdhalbmessers ist, desto kleiner wird die Parallaxe sein, und bei Gestirnen wie die Fixsterne, welche für unsere Vorstellung unermeßlich weit von der Erde entfernt sind, ist die tägliche Parallaxe eine nicht mehr bestimmbar kleine Größe. Bezieht man diese Parallaxe auf den Horizont, so ist ihre Bestimmung am einfachsten. Man nennt sie dann die Horizontalparallaxe. In Fig. 9. stelle C den Mittelpunkt der Erde, A einen Punkt an der Oberfläche der Erde vor; so ist Z der Zenith dieses Punktes A, und Aa, welche auf CZ senkrecht steht, ist eine gerade Linie, welche ganz in der Horizontalebene des Ortes A liegt und bei a auf einen Punkt der scheinbaren Himmelskugel Ma trifft, welcher im Horizont von A liegt. Gesetzt bei L befinde sich der Mond, der also für den Beobachter in A gerade aufgeht, d. h. sich über den Horizont erhebt, so erblickt ihn der Beobachter in A offenbar bei a am Himmelsgewölbe. Ein Beobachter im Mittelpunkte der Erde bei C würde ihn aber in der Richtung CL, also bei c am Himmelsgewölbe erblicken. Sind a und c die scheinbaren Orte des Mondes am Himmelsgewölbe, je nachdem man ihn von A und C aus betrachtet, so ist ac die Horizontalparallaxe des Mondes. Dieser Bogen in Graden ausgedrückt, mißt offenbar

sicherer wird also auch jene Reduction sein. Umgekehrt aber wird man, wie es für sich klar ist, die Distanz der Parallelkreise AA′ oder die Differenz der geographischen Breiten der Beobachter so groß als möglich nehmen, um die Parallaxe des Gestirns mit der größtmöglichen Sicherheit zu bestimmen. Endlich wird diese Bestimmung im Allgemeinen desto genauer sein, je kleiner die Distanz LC des Gestirns von dem Mittelpunkte der Erde, oder mit andern Worten, je größer die gesuchte Horizontalparallaxe desselben ist, da für sehr weit entfernte Gestirne die Zenithdistanz ZAL dem geometrischen Winkel ZCL sehr nahe gleich ist, so daß schon der geringste Fehler in diesen Zenithdistanzen, oder auch in den geographischen Breiten der Beobachtungsorte, den sehr kleinen Winkel ALA′ sehr entstellen und endlich die ganze Methode unbrauchbar machen würde, wie dieß z. B. bei der Sonne schon sehr nahe der Fall ist, da ihre Horizontalparallaxe nur 8,58 Secunden beträgt. — Ja für die der Erde sehr nahen Gestirne, wie z. B. für den Mond, wird man selbst diese Correspondenz eines zweiten Beobachters entbehren u. die Parallaxe schon durch einen einzelnen Beobachter bestimmen können, ohne daß dieser genöthigt wäre, seine Stelle auf der Oberfläche der Erde zu verlassen. Wenn nämlich der Mond L (Fig. 9.) für den Beobachter in A aufgeht, so sieht er ihn bei dem Sterne a, während ihn ein Beobachter im Mittelpunkte C der Erde bei dem Sterne c sehen würde, so daß, wie gesagt, ac die Horizontalparallaxe des Mondes ist. Allein der Beobachter kennt den Stern noch nicht, bei dem der Mond, von C gesehen, erscheinen würde, also ist ihm auch dieser Bogen ac noch unbekannt. Allein in 6 Stunden später, wo der Mond durch das Zenith Z, oder doch durch den Meridian desselben Beobachters A geht, fallen die beiden Linien LA und LC zusammen, nämlich beide auf die Linie CAZ, und nun sieht der Beobachter in A, so wie der in C, den Mond bei demselben Sterne c, dessen Distanz von a man daher nur zu messen braucht, um die gesuchte Horizontalparallaxe ac des Mondes zu erhalten. Noch besser wird es sein, den Mond bei seinem Aufgange und bei seinem darauf folgenden Untergange zu beobachten, weil man auf diese Weise die doppelte Horizontalparallaxe erhält und kleinere Fehler der Beobachtungen, die man nie ganz vermeiden kann, einen geringern Einfluß auf das gesuchte Resultat liefern. — So wie nämlich der Winkel CLA (Fig. 9.), wo das Gestirn L im Horizont AL des Beobachters ist, die Horizontalparallaxe des Gestirnes heißt, so heißt auch der Winkel CL′A, wo das Gestirn L′ von dem Beobachter in A in der Höhe LAL′ über seinem Horizonte gesehen wird, die Höhenparallaxe des Gestirnes, die immer kleiner wird, je größer die Höhe LAL′ des Gestirnes ist, bis sie endlich im Zenith, wo die Höhe gleich 90° wird, völlig verschwindet. Man sieht leicht, daß die Höhenparallaxe eines Gestirnes gleich ist der Horizontalparallaxe multiplicirt durch den Cosinus der Höhe desselben.

Da der Halbmesser der Erde = 859,3 Meilen ist, so findet man also die Entfernung des Mittelpunktes eines Gestirnes von der Erde, wenn man diese Zahl 859,3 durch den Sinus der Horizontalparallaxe dividirt oder kürzer, wenn man die Zahl 177243000 durch die Hori-

zontalparallaxe selbst dividirt. Für die Sonne z. B. hat man die Horizontalparallaxe = 8'',58, also ist die Entfernung derselben von dem Mittelpunkte der Erde = 20657700 Meilen. Die Venus ist im Verlaufe ihrer Bahn sehr ungleich weit von der Erde entfernt, wie man aus dem verschieden großen scheinbaren Durchmesser dieses Gestirnes sieht. Bei der größten Nähe ist die Horizontalparallaxe der Venus = 34'',58, woraus eine Entfernung = 5125600 Meilen folgt. Die größte Entfernung = 35028000 M. ergibt sich aus der Horizontalparallaxe = 5'',06.

Kennt man einmal die Entfernung eines Gestirnes von der Erde, so darf man sie nur durch den Sinus des scheinbaren Halbmessers desselben multipliciren, um sofort auch den wahren Halbmesser des Gestirns zu erhalten. Der scheinbare Halbmesser aber ist die Hälfte des Winkels, z. B. in Secunden ausgedrückt, unter welchem uns der Durchmesser des Gestirns erscheint, während der wahre Halbmesser desselben den Abstand des Mittelpunktes des Gestirns, z. B. in Meilen ausgedrückt, von jedem andern Punkte seiner sphärischen Oberfläche bezeichnet. Kennt man aber den wahren Halbmesser einer Kugel, so findet man daraus auch die Oberfläche und den körperlichen Inhalt derselben, jenen in Quadrat- und diesen in Cubikmeilen. Um endlich bei diesen kleinen Rechnungen die Sinus gänzlich zu vermeiden, kann man auch sagen, daß der wahre Halbmesser eines Gestirns gleich ist der Zahl 859,3, multiplicirt durch den scheinbaren Halbmesser und dividirt durch die Horizontalparallaxe des Gestirns. So hat man für die Sonne den scheinbaren Halbmesser 961'' und die Horizontalparallaxe 8'',58, also ist der wahre Halbmesser der Sonne 96246 Meilen, oder nahe 112 mal größer als der Halbmesser der Erde. Da sich nur die Oberfläche der Kugeln wie die Quadrate, und die körperlichen Inhalte derselben wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so folgt, daß die Oberfläche der Sonne 12544mal größer ist, als die der Erde, und daß das Volumen der Sonne 1404928 mal größer ist, als das der Erde, oder daß man aus der Sonne gegen $1\frac{1}{2}$ Millionen solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, bilden könne. Wendet man endlich dieselben kleinen Berechnungen auf die Venus an, deren scheinbarer Halbmesser in ihrer größten Nähe 32'',8 und in ihrer größten Entfernung 4',8 ist, so findet man für den wahren Halbmesser der Venus 815 Meilen, woraus folgt, daß dieser Planet nur wenig kleiner ist, als unsere Erde.

Die Genauigkeit der auf die angegebene Weise gefundenen Zahlengrößen hängt offenbar von der Schärfe der Beobachtungen, welche den Rechnungen zu Grunde liegen, ab. Mit Hilfe unserer besten Instrumente können wir noch einen scheinbaren Winkel von 1 Sec. messen. Sobald der scheinbare Durchmesser eines Gestirnes und sobald die Parallaxe desselben nicht kleiner als 1 Sec. sind, können wir daher beide durch die Beobachtung nahe bestimmen und können mithin aus ihnen Größe und Entfernung der Gestirne berechnen. Je weiter ein Stern von der Erde entfernt ist, desto kleiner wird seine Parallaxe, und dieselbe ist daher bei allen Fixsternen, wegen ihres gewaltigen Abstandes, kleiner als 1 Sec., so daß wir also die Entfernung und Größe keines

Fixsternes zu berechnen im Stande sind. Bei dem entferntesten Planeten unseres Sonnensystems, dem Uranus, beträgt die größte Horizontalparallaxe 0,47 Sec. Hieraus folgt schon, daß man auch diese schon nicht mehr durch directe Beobachtung hat bestimmen können. Man hat aber aus dem Keplerschen Gesetze: daß sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Kuben der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten, und aus der Umlaufszeit des Planeten um die Sonne (= 30689 Tage) seine kleinste Entfernung von der Erde = 376 Mill. Meilen berechnet. Der Halbmesser der Erde (= 859 Meilen), dividirt durch 376 Mill., gibt den Sinus der Horizontalparallaxe des Uranus, und aus diesem findet man die Horizontalparallaxe selbst = 0'',47.

Wenn man bei der Beobachtung der Parallaxe von zwei verschiedenen Standpunkten ausgeht, so wird der Bogen, um welchen dasselbe Gestirn von den verschiedenen Beobachtungsorten aus abzuweichen scheint, offenbar um so größer sein, je weiter diese Beobachtungsorte von einander abstehen. Für die Beobachtungsorte A und B (Fig. 11.) z. B. ist dieser Bogen ab, für A' und B' schon a' b'. Dieser Bogen ist am größten für die größtmögliche Entfernung zweier Beobachtungsorte auf der Erde, also für solche, welche sich diametral gegenüberstehen, die also um den ganzen Erddurchmesser von einander entfernt sind, d. h. um 1718,6 Meilen. Aber auch wenn man eine so große oder nahe so große Entfernung der Beobachtungsorte nimmt, läßt sich eine Parallaxe der Fixsterne nicht bemerken, weil der Durchmesser der Erde eine verschwindend kleine Größe gegen den Abstand der Fixsterne ist.

Bekanntlich bewegt sich die Erde in einer elliptischen Bahn um die Sonne, die wir der leichtern Uebersicht wegen als kreisförmig ansehen können. So bezeichnen jetzt A A' B (Fig. 9.) die Erdbahn, C die Sonne, L ein Gestirn. Befindet sich nun die Erde auf ihrer Bahn in A, so erscheint das Gestirn L vor a, während es von C aus gesehen, bei c erscheint; der Winkel ALC heißt die jährliche Parallaxe des Gestirnes L. Diese jährliche Parallaxe muß offenbar bei weitem größer sein als die tägliche. Denn während die Stationen A und C bei dieser nur um den Halbmesser der Erde, d. i. um 859 Meilen, von einander entfernt waren, sind bei der jährlichen Parallaxe diese Punkte um etwa 20 Millionen weit von einander entfernt. Die jährliche Parallaxe wird nun auf ähnliche Weise wie die tägliche gefunden, nur daß man hier zu den verschiedenenen Stationen, die verschiedenen Standpunkte der Erde auf ihrer Bahn nehmen muß. Am weitesten entfernt sind die zwei diametral in der Erdbahn einander gegenüberstehenden Punkte. Die Entfernung derselben von einander beträgt 41 Mill. Meilen. Die jährliche Parallaxe der Planeten ist, wie man erwarten kann, sehr bedeutend. Sie beträgt schon beim Uranus 3 Grade. Das Vorhandensein dieser Parallaxe ist zugleich ein Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne.

Bei den Fixsternen hat man aber eine jährliche Parallaxe nicht entdecken können, ein Beweis, daß dieselben so ungeheuer weit von unserm Sonnensysteme entfernt sind, daß auch die Größe des Erdbahn-

durchmessers, d. h. eine Länge von 41 Millionen Meilen, gegen diese Entfernung noch eine verschwindend kleine Größe ist. Da wir eine Parallaxe von 1 Sec. noch wahrnehmen können, so muß auch der uns am nächsten stehende Fixstern eine noch kleinere Parallaxe haben als die angegebene. Hieraus hat man geschlossen, daß der nächste Fixstern noch über 4261000 Mill. Meilen entfernt sein müsse; oder vielmehr, da wir von den diametral entgegenstehenden Punkten der Erdbahn die doppelte Parallaxe wahrnehmen können, daß der nächste Fixstern mehr als 8 Billionen Meilen abstehen muß. Die Astronomen haben sich lange vergeblich bemüht, eine Parallaxe der Fixsterne, welche zum Beweise der Bewegung der Erde dienen sollte, zu entdecken, aber vergebens. Doch führten diese Beobachtungen zu der eben so wichtigen und interessanten Entdeckung der Abirrung des Lichtes, s. d. Art. Vergl. auch d. Art. Sterne.

Parallelkreise heißen diejenigen auf der Erdkugel und an der scheinbaren Himmelskugel gezogenen Kreise, welche sämmtlich parallel dem Aequator sind. Die Parallelkreise an der Himmelskugel sind daher diejenigen, welche die verschiedenen Sterne bei ihrer scheinbaren tägliche Bewegung um die Erde beschreiben. Jeder Parallelkreis auf der Erde geht durch sämmtliche Orte, welche gleichweit vom Aequator abstehen. Daher haben auch alle unter demselben Parallelkreise liegenden Orte der Erde dieselbe geographische Breite. Die Parallelkreise werden wie alle Kreise in 360 Grade eingetheilt. Da sie um so kleiner werden, je weiter sie vom Aequator abstehen, so müssen demgemäß auch die Grade der verschiedenen Parallelkreise von ungleicher Länge sein. S. d. Art. Erde S. 287.

Passageninstrument, (deutsch:) Durchgangsinstrument oder Mittagsfernrohr heißt ein Fernrohr, welches so aufgestellt ist, daß man es in der Ebene des Meridianes bewegen kann, und welches daher dient, den Durchgang irgend eines Sternes durch den Meridian des Beobachtungsortes zu beobachten, welche Beobachtung die Zeit der Culmination des Sternes gibt. Römer hat dieses Instrument erfunden und Fig. 12. ist es abgebildet. Littrow gibt folgende Beschreibung. Eine horizontale Axe AB von Metall liegt mit ihren beiden äußersten cylindrischen Enden A, B, um die sich diese Axe drehen läßt, in soliden Pfeilern P, Q von Stein, und durch die Mitte M dieser Drehungsaxe geht das Fernrohr CD in einer auf die Axe senkrechten Stellung. Wird daher die Rotationsaxe AB genau in den Horizont und in der Richtung von Ost nach West gebracht, so liegt das Fernrohr in der Richtung von Süd nach Nord, und geht, wenn es um die Axe AB gedreht wird, in der Ebene des Meridians auf und nieder, so daß man also nur die Durchgänge der hohen und niedern Sterne durch dieses Fernrohr an einer Uhr beobachten darf, um sofort auch die Uhrzeiten des Durchgangs dieser Sterne durch den Meridian, d. h. um die Uhrzeiten ihrer Culminationen zu erhalten. Man sieht schon aus dem ersten Anblick des Instrumentes, daß es, wenn es an-

6*

ders mit einiger Vorsicht gebaut und aufgestellt ist, eine viel größere Stetigkeit und Sicherheit gewährt, als man von einem Quadranten je erwarten kann. Um das Fernrohr auf die schon sonst bekannte mittägliche Höhe des Sterns, der eben durch den Meridian gehen soll, zu stellen, ist an dem einen Ende A der Drehungsaxe ein Halbkreis m o n angebracht, der in einer auf diese Axe senkrechten Lage an dem Pfeiler P befestigt ist. Concentrisch mit ihm ist ein Zeiger oder eine Alhidade A o, dem Fernrohre C D parallel, an dem Ende A der Axe angebracht. Diese an ihrem Ende o mit einem feinen Striche versehene Alhidade A o bewegt sich also sammt dem Fernrohre um die Axe A B, und zeigt durch ihren Strich an dem Kreise m n die Höhe des zu beobachtenden Gestirns bloß in ganzen Minuten an, da dieß hinreicht, das Gestirn in das Feld des Fernrohrs zu bringen. Die beiden Enden A und B der Axe liegen jede auf einer doppelten, starken Metallplatte auf, die in der Zeichnung durch Vierecke angezeigt sind. Der eine Theil jeder Platte ist an dem Pfeiler fest, und der andere, der eigentlich die Axen-Enden A und B trägt, läßt sich durch Schrauben an dem ersten hin und wieder bewegen, und zwar der eine bei A senkrecht auf und ab, und der andere bei B horizontal und rückwärts. Der letzte setzt uns demnach in den Stand, die Drehungsaxe genau in die Richtung von Ost nach West, d. h. das auf die Axe senkrechte Fernrohr genau in die Ebene des Meridians zu bringen, und die erste dient dazu, das eine Ende A der Axe so lange zu erhöhen oder zu erniedrigen, bis diese Axe A B selbst genau horizontal ist, was man mit Hilfe einer Wasserwage erkennt, die man mit ihren Haken an die beiden cylindrischen Enden A und B der Axe aufstellt oder aufhängt. Um für nächtliche Beobachtungen das Innere des Fernrohrs zu beleuchten, dient eine an der äußern Seite des Pfeilers angebrachte Lampe p, die ihr Licht durch den in der Richtung p B durchbohrten Pfeiler und durch die ebenfalls hohle Drehungsaxe B M auf einen kleinen Spiegel wirft, der im Innern des Fernrohrs bei M unter einer gegen B M schiefen Stellung aufgestellt ist, so daß er das von der Lampe empfangene Licht gegen das Ocular C des Fernrohrs reflectirt.

Um dieses Instrument gebrauchen zu können, muß es in allen seinen Theilen gehörig rectificirt sein, wozu Littrow eine allgemein verständliche Anweisung gibt. Durch den Brennpunkt des Fernrohrs wird ein auf die Axe der beiden Linsen senkrechter Faden in einer verticalen Richtung eingespannt. Dieser Faden wird daher, wenn das ganze Instrument richtig steht, den Theil des Meridians vorstellen, nach welchem das Fernrohr gerichtet ist, und der Augenblick, in welchem ein Stern durch diesen Faden gehend gesehen wird, wird der gesuchte Augenblick der Culmination dieses Sternes sein. — Um aber dem Faden die bezeichnete Stellung zu geben, in welcher er erstens senkrecht auf die Axe der beiden Linsen, zweitens genau durch den Brennpunkt geht, und drittens auf den Horizont vertical steht, muß man sich erinnern, daß dieser Faden im Innern des Fernrohrs an einem feinen metallenen Ringe angebracht ist, welcher Ring selbst wieder durch eigene Schrauben nach allen Richtungen bewegt werden kann. Da dieser Ring gewöhnlich schon von

dem Künstler senkrecht auf die Linsenaxe gestellt wird, und da auch ein kleiner Fehler in dieser Stellung keine nachtheiligen Folgen hat, indem man doch immer nur in der Nähe der Mitte dieses Fadens beobachtet, so kann man in den meisten Fällen von den oben aufgezählten Forderungen die erste als schon erreicht betrachten. — Nicht so ist es mit der zweiten oder mit der Bedingung, daß der Faden auch genau durch den Brennpunkt des Rohrs geht. Diese Untersuchung theilt sich in zwei von einander wesentlich verschiedene. Es kann nämlich erstens der zur Linsenaxe senkrecht stehende Faden zwar durch diese Axe gehen, aber zu weit vor oder hinter dem Brennpunkte, d. h. zu nahe oder zu fern von dem Objective des Fernrohrs stehen. Oder er kann zweitens, obschon er in derselben Entfernung, wie der Brennpunkt selbst, von dem Objective ist, doch noch zur Seite dieses Brennpunkts, rechts oder links von ihm stehen. In beiden Fällen wird er nicht, wie doch gefordert wird, durch den Brennpunkt gehen. — Ehe aber der Beobachter an diese beiden Correctionen geht, wird er die Entfernung der beiden Linsen seinem Auge gemäß stellen. Aus den gemeinsten Erfahrungen an jedem Theaterperspective ist bekannt, daß der Kurzsichtige, wenn er durch ein solches Instrument gut sehen will, dasselbe verkürzen, oder die beiden Linsen einander näher rücken muß, während der Weitsichtige sie von einander entfernt. Auch muß jeder von ihnen, wenn er gut sehen will, diese Distanz der Linsen etwas ändern, wenn er sehr nahe, oder wenn er sehr entfernte Gegenstände beobachtet. Dasselbe gilt auch für die astronomischen Fernröhre. Da aber diese vorzugsweise für die himmlischen, d. h. für sehr weit entfernte Gegenstände bestimmt sind, so wird der Beobachter, ohne alle Rücksicht auf jenen Faden, sein Fernrohr zuerst auf ein Gestirn, z. B. auf den Mond richten, und sein Ocular so lange verstellen, bis er die Flecken desselben am deutlichsten sieht. Am besten zu diesem Zwecke wird man die Doppelsterne wählen. Wenn man nun, durch diese Verschiebung des Oculars es dahin gebracht hat, daß man einen solchen Doppelstern ganz rein und deutlich sieht, so wird man vielleicht den Faden nur sehr schlecht, in der Form eines grauen, breiten Streifens erblicken, zum Zeichen, daß er entweder zu nahe oder zu ferne vom Objective steht. Denn in der richtigen Entfernung von dem Objective, d. h. wenn er durch den Brennpunkt desselben geht, erscheint er immer ganz rein, schwarz und scharf begränzt. In diesem Falle wird man also, mittelst der dazu bestimmten Schraube, den den Faden tragenden Ring in der Richtung der Länge des Fernrohrs so lange verschieben oder seine Distanz von dem Objective ändern, bis er dem Auge völlig rein und schwarz erscheint. Allein diese bloße Ansicht des Fadens ist wohl hinreichend, ihn dem Brennpunkte sehr nahe zu bringen, aber sie genügt nicht, um ihn mit der größten Schärfe genau durch diesen Brennpunkt selbst zu führen. Zu diesem letzten Zwecke wird man, nach jener ersten rohen Berichtigung des Fadens, das Fernrohr auf irgend ein weit entferntes, festes und wohl begränztes irdisches Object, z. B. auf die Ecke einer Thurmspitze richten, und den Faden mit dieser Ecke in genaue Berührung bringen. Dann bewegt man das Auge vor dem Ocular rechts und links so weit, als man nur eben noch durch das

Fernrohr den Faden sehen kann, und sieht genau zu, ob in den beiden äußersten Lagen des Auges jene Berührung immer genau und unverändert statt hat. Tritt dieser Umstand zufällig ein, so wird man sich versichert halten, daß der Faden zwar nicht durch den Brennpunkt, aber doch in einer durch diesen Brennpunkt auf die Linsenaxe senkrechten Ebene liegen muß. Wenn aber, während das Auge sich vor dem Oculare bewegt, der Faden auf dem terrestrischen Objecte nicht selbst bleibt, sondern ebenfalls sich zu bewegen scheint, so ist dieß ein Zeichen, daß er noch nicht in der erwähnten Ebene, sondern daß er vor oder hinter dieser Ebene liegt. Welcher von diesen beiden Fällen aber in der That statt hat, wird man durch folgende einfache Vorschrift finden: „Wenn bei jener Bewegung des Auges, Aug und Faden nach derselben Seite, z. B. beide rechts gehen, so steht der Faden zu nahe am Objective, und muß daher von ihm entfernt werden; gehen aber Aug und Faden auf entgegengesetzte Seiten, z. B. jenes rechts und dieser links, so steht der Faden zu weit vom Objective, und muß daher demselben genähert werden.“ — Dieses Verfahren ist übrigens für Weit- und Kurzsichtige dasselbe; denn wenn auf diese Art der Faden in seine wahre Lage gebracht worden ist, so wird der Weitsichtige sowohl als der Myops nur das Ocular seinem eignen Auge gemäß verändern, um sofort beide Gegenstände, den Faden sowohl als das Gestirn, zugleich am deutlichsten zu sehen. — Allein durch diese erste Berichtigung ist, wie gesagt, der Faden nur in die Ebene gebracht worden, die senkrecht auf die Linsenaxe durch den Brennpunkt geht, ohne daß er deßhalb auch selbst schon durch den Brennpunkt gehen muß, von dem er vielmehr in jener Ebene noch rechts oder links abstehen kann. — Wenn das äußere Rohr von Metall, welches die beiden Linsen umgibt, ein vollkommener Cylinder wäre, dessen Basis jene Linsen bilden, so dürfte man nur diese Cylinder auf zwei Unterlagen so auflegen, daß die Mitte jenes Fadens irgend einen wohlbegrenzten terrestrischen Gegenstand scharf schneidet, und dann den Cylinder um seine Axe drehen, und zusehen, ob dadurch dieser Durchschnitt des Gegenstandes durch den Faden sich nicht ändert. — Allein jene Röhre ist nicht vollkommen cylindrisch, und sie läßt sich auch, wie schon der erste Anblick des Instrumentes zeigt, nicht um ihre Axe drehen. Dafür läßt sich aber das ganze Instrument ABCD aus seinen Lagern A und B herausheben, und dann in verkehrter Lage wieder in seine Lage zurückbringen, so daß z. B. der Endpunkt A der Drehungsaxe, der früher östlich lag, jetzt auf das westliche Lager B zu liegen kommt, und durch dieses Umlegen wird offenbar derselbe Zweck erreicht, als wenn man die cylindrische Röhre CD um ihre Axe, um die Hälfte der Peripherie eines Kreises gedreht hätte. Wenn daher die Mitte des Fadens vor und nach der Umlegung immer denselben Punkt des terristrischen Gegenstandes trifft, so wird dieß ein Zeichen sein, daß diese Mitte des Fadens mit dem Brennpunkte des Fernrohrs zusammenfällt. Ist dieß aber nicht der Fall, so wird man nach der Umlegung die Hälfte des bemerkten Fehlers durch diejenige Schraube verbessern, welche den oben erwähnten Fadenring in horizontaler Richtung hin und

her bewegt, und die andere Hälfte, wenn man will, durch diejenige Schraube des Lagers B, welche das Ende der Drehungsaxe horizontal zu verschieben bestimmt ist. Da es nicht immer sicher ist, den beobachteten Fehler, besonders wenn er noch etwas bedeutend ist, genau zu halbiren, so wird man das angezeigte Verfahren öfters wiederholen, wodurch jener Fehler offenbar immer kleiner, und endlich ganz unmerklich werden muß. — Das bisher Gesagte betrifft nur, wie man sieht, die gehörige Stellung des Fadens in dem Fernrohre, und indem man denselben durch die erwähnten Operationen in den Brennpunkt der beiden Linsen gelegt hat, hat man es zugleich dahin gebracht, daß das eigentliche Fernrohr, d. h. die Axe der beiden Linsen, die man auch die Collimationslinie zu nennen pflegt, auf der Rotationsaxe AB senkrecht steht. Es sind noch die Mittel anzugeben, durch welche die Rotationsaxe in einer der Horizontalen parallelen Lage gebracht wird. Das einfachste Mittel zu diesem Zwecke ist die Libellle, oder wie sie auch genannt wird, die Wasserwage. In der Höhlung der metallenen Röhre ABC′D′ (Fig. 13.) liegt eine gläserne, mit Weingeist nicht völlig gefüllte, an ihrer obersten Seite kreisförmig gebogene Röhre. Man sieht in der Zeichnung diese Glasröhre AB durch die oben aufgeschnittene Metallröhre. In der Mitte zwischen A und B ist der höchste Punkt des erwähnten kreisförmigen Bogens AB der Glasröhre, und dort wird also auch, wenn die Libelle genau horizontal gestellt wird, die Luftblase zu stehen, die den mit Weingeist nicht erfüllten Theil der Glasröhre einnimmt, und die, da sie viel leichter als diese Flüssigkeit ist, ihrer Natur nach immer den höchsten Theil der Röhre oder des Kreisbogens AB einnehmen muß. Denkt man sich nun die Metallröhre entweder unten bei C′ und D′ mit zwei Fußgestellen, um sie dadurch z. B. auf einen Tisch zu stellen, oder oben bei C und D mit zwei Haken versehen, um sie dadurch an irgend eine Axe (z. B. an die Drehungsaxe AB des Mittagsrohrs) zu hängen, so wird man mit Hilfe dieser Libelle in jenem Falle den Tisch und in diesem die Axe auf folgende Weise horizontal stellen, wenn man noch bemerkt, daß eines jener Fußgestelle oder einer jener Haken so eingerichtet ist, daß er sich mittelst einer daran angebrachten Schraube etwas verlängern oder verkürzen läßt, und daß bei den sorgfältiger gearbeiteten Libellen der oberste Rand der Glasröhre in eine Anzahl gleicher, mit Zahlen versehener Theile getheilt ist, um dadurch den Ort der Blase genauer zu bestimmen. — Wenn die untersten Theile der Fußgestelle, oder auch, wenn die höchsten Theile, die eigentlichen Aufhängungspunkte der beiden Haken von dem obersten Rande der Glasröhre schon genau gleich weit entfernt wären (in welchem Zustande man die Libelle bereits rectificirt nennt), so dürfte man sie nur auf den Tisch stellen oder an jene Axe hängen, und Tisch oder Axe auf der einen Seite desselben so lange erhöhen oder erniedrigen, bis die Luftblase in der Libelle genau in der Mitte der Glasröhre steht. Allein dieß ist selten der Fall, und gewöhnlich sind beide, Libelle und Tisch, oder Libelle und Axe zugleich fehlerhaft. In diesem Falle wird man dann so verfahren: Man hänge die Libelle CD an die Rotationsaxe AB so auf, daß C auf der

Seite von A und D auf der Seite von B ist, und lese in diesem Stande der Libelle den Ort der Mitte der Luftblase. Gesetzt, diese Mitte stehe bei dem Theilstriche a der Glasröhre. — Dann hebe man die Libelle von der Axe ab, und hänge sie in verkehrter Richtung wieder an dieselbe, so daß jetzt der Theil C der Libelle nach B, und der Theil D nach A kommt, und lese hier wieder den Ort der Mitte der Blase, der z. B. bei dem Theilstriche b stehen soll. Wenn a von b verschieden sind, so ist dieß ein Zeichen, daß die Rotationsaxe AB nicht horizontal steht, und daher verbessert werden muß. Die Größe dieser Verbesserung aber wird unmittelbar durch diese beiden Zahlen a und b angegeben. Man wird nämlich in dieser zweiten Lage der Libelle, die man nach dem erwähnten Umkehren derselben ruhig hängen läßt, den Endpunkt A oder B der Rotationsaxe so weit erhöhen oder erniedrigen, daß der Mittelpunkt der Luftblase genau in der Mitte zwischen jenen zwei Zahlen a und b steht. Hatte man z. B. in der ersten Stellung der Libelle die Zahl 8, und in der zweiten die Zahl 12 gelesen, so wird man bei dieser zweiten Stellung der Libelle den einen Endpunkt der Rotationsaxe so lange erhöhen, bis der Mittelpunkt der Luftblase bei dem Theilstriche 10 steht, und dann wird die Rotationsaxe horizontal sein, weil dann die Libelle, in beiden Lagen derselben, immer dieselbe Zahl 10 zeigen wird. Dasselbe, was hier von der Rectification der Drehungsaxe gesagt ist, läßt sich auch auf die Horizontalstellung des Tisches anwenden, wenn man in ihm zwei aufeinander senkrechte Linien zieht, und jede dieser Linien nach dem hier angezeigten Verfahren horizontal stellt. — Dieses Verfahren ist zugleich das einfachste und sicherste, weil dabei die oben erwähnten Schrauben, welche den Fuß oder Haken der Libelle verlängern oder verkürzen sollen, gar nicht weiter berührt werden. Diese Bewegung jener Schrauben soll wo möglich ganz vermieden werden, weil dadurch das Gleichgewicht der einzelnen Theile gestört, und eine Spannung in der metallenen Fassung erzeugt wird, die sich bei den neuen sehr empfindlichen Libellen oft nur spät erst herstellt und dem Beobachter durch langes Warten zu viele Zeit raubt. — Man sieht, daß man auf diese Weise eine Ebene oder eine Axe, selbst mittelst einer nicht rectificirten Libelle, horizontal stellen kann. Wenn aber der Fehler der Libelle, den man bei dem vorhergehenden Verfahren nicht weiter zu kennen braucht, zu groß ist, so wird die gefundene Zahl, die das Mittel aus den beiden gelesenen Zahlen ist, auch zu weit von der Mitte in der Eintheilung entfernt sein, wie dieß in unserm Beispiel bereits der Fall ist, wo das gefundene Mittel oder die Zahl 10 um volle 15 Theilstriche von der Mitte der Eintheilung, die bei der Zahl 25 ist, entfernt steht. Solche Fälle muß man aber vermeiden, weil die Krümmungen auch unserer besten Libellen am Rande derselben nur selten vollkommen kreisförmig sind, und weil am Ende jener Punkt so weit von der Mitte der Theilung wegrücken könnte, daß er unter die metallene Fassung AC der Röhre rückt, wo er gar nicht gesehen werden kann. — Sobald man also bemerkt, daß der Fehler der Libelle zu groß ist, so wird man ihn auf folgende Weise verbessern

können. — Man hänge sie mit ihren Haken an die Rotationsaxe. Ist dann die Luftblase nicht in der Mitte der Theilung, so ist entweder die Axe nicht horizontal, oder die Oberfläche der Libelle ist jener Axe nicht parallel, d. h. die Libelle ist nicht rectificirt, oder endlich, was gewöhnlich der Fall sein wird, beide, Axe und Libelle sind fehlerhaft. Da man die Fehler eines jeden der beiden Instrumente nicht kennt, so ist es das natürlichste, anzunehmen, daß diese Fehler einander gleich sein mögen. Man lasse daher den Mittelpunkt der Luftblase gegen den Mittelpunkt der Theilung halben Weges durch die Schraube A der Rotationsaxe, und die andere Hälfte des Weges durch die oben erwähnte Correctionsschraube des Libellenhakens zurücklegen. Hat man durch beide Schrauben die Blase in die Mitte der Theilung gebracht, so kehre man die Libelle um, so daß ihr östlicher Arm jetzt auf die Westseite der Rotationsaxe kommt. Ist in dieser neuen Lage die Blase nicht in der Mitte, so verbessere man wieder wie zuvor die eine Hälfte des Fehlers durch die eine, und die andere Hälfte durch die andere Schraube, und bringe sonach die Blase wieder in die Mitte der Theilung. Dann kehre man die Libelle wieder um, und wiederhole dieses Verfahren der halbgetheilten Correction so lange, bis die Luftblase der Libelle, in ihren beiden entgegengesetzten Lagen, immer in der Mitte der Theilung genau einspielt. — Durch dieses Verfahren wird, wie man sieht, die Drehungsaxe und Libelle zugleich rectificirt. Es wird übrigens nie nothwendig sein, dasselbe so weit fortzusetzen, bis der Mittelpunkt der Blase in beiden Lagen der Libelle genau auf den Mittelpunkt der Theilung fällt, da es nach dem Vorhergehenden schon hinreicht, wenn beide Mittelpunkte einander nahe genug gebracht werden. Wenn z. B. die Blase in der ersten Lage der Libelle 20, und in der zweiten Lage 26 zeigt, so wird man, nach dem zuvor gezeigten Verfahren bloß durch die Schraube der Rotationsaxe die Blase auf die Mitte jener zwei Zahlen oder auf die Zahl 23 bringen, und dadurch versichert sein, daß die so gestellte Rotationsaxe auch genau horizontal ist, obschon die Libelle selbst noch nicht rectificirt ist, da sie nach unserer Zeichnung nicht 23, sondern 25 zeigen sollte. Will man daher auch diese Libelle noch rectificiren, so wird man nur, mittelst ihrer Correctionsschraube, den einen Haken derselben so viel verkürzen oder verlängern, daß der Mittelpunkt der Blase um zwei Theilstriche, von 23 auf 25 fortgehe, da 25 der Mittelpunkt der an der Glasröhre angebrachten Theilung ist. Bemerken wir noch, daß es öfters nothwendig ist, den Werth eines jener gleichen Theilstriche in Secunden zu kennen. Zu diesem Zwecke wird man die Libelle an irgend ein Höhen messendes Instrument, z. B. an einen Quadranten befestigen, und nun Instrument und Libelle so bewegen, daß z. B. der Mittelpunkt der Blase 30 Theilstriche der Libelle durchläuft, während das Instrument seine Höhe um 20 Secunden geändert hat, woraus folgt, daß ein Theilstrich der Libelle $\frac{2}{3}$ Secunden beträgt. Muß man also die Axe A des Mittagsrohres bei der Rectification derselben, z. B. um 12 Theilstriche der Libelle erheben, so weiß man, daß diese Erhebung 8 Secunden beträgt. — Wenn sonach die Drehungsaxe des Mittagsrohrs genau horizontal gestellt worden ist, so wird das Fernrohr

(oder vielmehr die Collimationslinie desselben, die nach dem Vorhergehenden bereits senkrecht auf jener Rotationsaxe steht), wenn dasselbe um jene Axe gedreht wird, einen Verticalkreis beschreiben, oder es wird in einer auf den Horizont senkrechten Ebene auf und nieder gehen — aber noch nicht in der Ebene des Meridianes, wie es doch von diesem Instrumente gefordert wird. Es wird zwar leicht sein, dieses Fernrohr so zu stellen, daß es dem Meridiane schon nahe stehe, wozu man sich z. B. der Culmination der Sonne oder irgend eines andern Gestirns, deren Rectascension man kennt, bedienen kann, wenn man zuerst den Gang seiner Uhr durch correspondirende Höhen oder auf irgend eine andere Art bestimmt hat. Allein es handelt sich hier um eine ganz genaue Stellung des Mittagsrohrs, und um eine solche, die von andern Instrumenten unabhängig ist. — Bemerken wir zuerst, daß man jetzt, wo die Collimationslinie des Fernrohrs bereits einen Verticalkreis beschreibt, zugleich ein leichtes Mittel erhalten hat, den oben in dem Brennpunkte der beiden Linsen senkrecht auf die Axe derselben gespannten Faden, auch vollkommen vertical oder zu dem Horizonte senkrecht zu stellen: man darf nämlich jetzt nur diesen Faden, indem man das Fernrohr sanft auf und abwärts bewegt, an irgend einem wohlbegrenzten terrestrischen Objecte auf und nieder laufen lassen. Wenn bei dieser Bewegung des Fernrohrs der Faden nicht immer genau durch denselben Punkt des Objectes geht, so wird man den oben erwähnten Fadenring mit einer eigens dazu bestimmten Schraube so lange in seiner eigenen Ebene um seinen Mittelpunkt drehen, bis er jener Forderung genügt, wo er dann vertical stehen wird. Gewöhnlich spannt man zu beiden Seiten dieses mittleren Fadens noch einen oder auch zwei mit jenem parallele und unter sich gleich weit entfernte Fäden auf, um die Beobachtungen der Durchgänge der Sterne zu vervielfältigen. Man kann ihren Parallelismus prüfen, wenn man nahe an dem Aequator liegende Sterne durch die oberen und durch die unteren Endpunkte dieser Fäden durchgehen läßt, und zusieht, ob die Zeitintervalle für jedes Fadenpaar aus jenen beiden Beobachtungen genau dieselben sind. Dieß gibt zugleich ein einfaches Mittel, die Entfernung dieser Seitenfäden von dem mittlern oder von dem Hauptfaden zu bestimmen. Beträgt z. B. die Zeit, die ein Stern von bekannter Deklination braucht, um von einem dieser Nebenfäden zu den mittlern zu gelangen, 100 Secunden Sternzeit, so wird man nur diese 100 Secunden durch den Cosinus der Deklination des Sterns multipliciren, um das gesuchte Intervall der beiden Fäden in Sternzeit zu erhalten. Ist z. B. diese Deklination gleich 80 Graden, so hat man, da der Cosinus von 80 Graden gleich 0,1736 ist, 17,36 Sternzeitsecunden für das gesuchte Intervall der beiden Fäden, das daher im Raume oder in Bogensecunden ausgedrückt, 15 mal größer oder gleich 260,4 Bogensecunden ist. Beobachtet man dann einen andern Stern, dessen Deklination z. B. 40 Grad beträgt, wovon der Cosinus 0,7660 ist, an diesem Seitenfaden, so wird er jenes Intervall in einer Zeit durchlaufen, die gleich 17,36 dividirt durch den Cosinus seiner Deklination, d. h. die gleich 22,663

Sterzeitsecunden ist, so daß man daher zu der Beobachtungszeit an diesem Seitenfaden nur 22,663 Secunden addiren, oder wenn er westlicher steht, davon subtrahiren darf, um sofort die Zeit zu erhalten, wenn dieser Stern durch den mittleren oder durch den Hauptfaden gegangen ist. Noch wollen wir bemerken, daß man dieser Reihe von senkrechten, unter sich parallelen Fäden gewöhnlich noch einen andern darauf senkrechten oder nahe horizontalen hinzufügt, der dazu dient, die zu beobachtenden Sterne alle nahe durch dieselben Punkte der andern verticalen Fäden, also in der Nähe dieses horizontalen, durchgehen zu lassen, wo es jetzt nicht mehr nöthig ist, die verticalen unter sich genau einzuspannen, was nur schwer oder gar nicht erreicht werden kann. — Um nun noch die Collimatıonslinie, d. h. den mittleren verticalen Faden des Mittagsrohrs ganz genau in die Ebene des Meridians zu bringen, wird man am besten einen dem Nordpole des Aequators nahen Stern in seiner obern sowohl, als auch in seiner untern Culmination an dem Mittagsrohre beobachten. Geht die Uhr bereits sehr nahe nach Sternzeit, so beobachte man die Uhrzeit der 2 Augenblicke, wo z. B. der Polarstern in seiner obern und untern Culmination ist, und subtrahire die letzte Zeit von 12 Uhr. Die halbe Differenz der so erhaltenen zwei Zeiten dividirt man dann durch den Cosinus der Polhöhe und durch die Tangente der Deklination des Sterns: was heraus kommt, ist die gesuchte Abweichung des Rohres von dem Meridiane, oder ist das gesuchte Azimuth. Um dieß durch ein Beispiel zu erläutern, nehmen wir an, man hätte für die obere Culmination des Polarsterns 0 Stunden 58 Minuten 20 Secunden und für die untere 12 Stunden 58 Minuten 50 Secunden gefunden, so ist jene Differenz 30, also ihre Hälfte 15 Zeitsecunden. Die Deklination des Polarsterns ist aber nahe 88° 10′ und die Polhöhe Wiens 48° 12,6′. Von jenem Winkel ist die Tangante 31,2416 und von diesem der Cosinus 0,6664, also beträgt das Azimuth des Fernrohrs 0,721 Zeitsecunden und zwar gegen Ost, da jene Differenz positiv ist. Man wird daher in diesem Falle das Fernrohr oder vielmehr die Drehungsaxe A B desselben mittelst der bereits erwähnten Schraube bei der Unterlage B dieser Axe um 0,721 Zeitsecunden westlicher stellen, um die Collimationslinie in die Ebene des Meridians zu bringen. Die Beobachtungen der nächstfolgenden Tage werden zeigen, ob man diese Zurechtstellung des Fernrohrs ganz genau vorgenommen hat. Dieß wird nämlich der Fall sein, wenn die erwähnte Differenz der beiden Sternzeiten genau gleich Null ist. — Dieß sind die wesentlichsten Correctionen des Mittagsrohrs, die man mit aller Sorgfalt vornehmen muß, ehe man an die eigentlichen Beobachtungen mit diesem Instrumente geht. Da es schwer ist, diese drei Fehler, der auf die Drehungsaxe senkrechten Stellung der Collimationslinie, der Horizontalität der Drehungsaxe und des Azimuths des Fernrohres, durch bloß mechanische Mittel, wie Schrauben, Libellen u. dgl. völlig wegzubringen, und da sich auch diese Fehler durch äußere Einwirkungen auf das Instrument häufig ändern, so ziehen es die neuern Beobachter vor, diese Fehler durch jene Mittel überhaupt nur so klein als möglich zu machen, und dann den Rest derselben oder viel-

mehr die Folgen dieser Reste auf die künftigen Beobachtungen in Rechnung zu bringen, ein Verfahren, das viel genauer ist, als jenes. — Allein es gibt bei diesem Instrumente noch andere Fehler, auf die ein genauer Beobachter ebenfalls Rücksicht nehmen muß. Man sieht z. B., daß der Künstler, welcher solche Instrumente verfertigt, die Endpunkte A und B der Drehungsaxe, mit welchen diese Axe eigentlich auf ihren Lagern aufliegt, mit der größten Sorgfalt ausarbeiten muß; diese Endtheile der Axe sind Cylinder mit kreisförmiger Basis. Wenn nun diese Basis bei dem einen oder andern Endpunkte der Axe kein vollkommener Kreis, sondern z. B. eine Ellipse wäre, oder wenn sie auch beide Kreise, aber von verschiedenem Durchmesser wären, oder wenn beide Cylinder einander nicht genau gegenüber stünden u. s. w., so würden diese Unvollkommenheiten der mechanischen Ausführung, die doch der Künstler nicht wohl gänzlich vermeiden kann, eben so viele Fehlerquellen sein, auf welche der Beobachter, da er sie nicht wie jene drei wegschaffen, oder doch so viel wie möglich vermindern kann, bei den Berechnungen seiner Beobachtungen Rücksicht nehmen muß. Schwerer noch ist es, diejenigen Fehler zu bestimmen, die von der Wirkung der Schwere auf das Fernrohr in den verschiedenen Lagen desselben gegen den Horizont kommen, so wie jene, welche die Temperatur in den verschiedenen Theilen des Instrumentes erzeugt. Um diese letzten Fehler so viel wie möglich zu vermeiden, hat man eigene Beschirmungen, welche bei den Sonnenbeobachtungen nicht nur das Instrument, sondern auch die beiden Pfeiler P und Q in Schatten stellen, so daß nur das Objectiv D des Fernrohrs den Sonnenstrahlen bloßgegeben wird; man hat gefunden, daß der Mangel dieser Beschirmung des Instrumentes oft sehr große Fehler erzeugt. Selbst der oben erwähnte Ring im Innern des Fernrohrs, welcher die Fäden trägt, ist einer solchen Verstellung durch die Sonnenstrahlen ausgesetzt, wenn dieselben vor der Beobachtung den westlichen, und nach derselben den östlichen Rand des Ringes bescheinen, daher man vor diesem Ringe einen zweiten anzubringen pflegt, welcher den ersten vor der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen schützen soll. — Noch muß erwähnt werden, daß man für diese, so wie überhaupt für alle in dem Meridian aufgestellten Instrumente, in angemessenen Entfernungen von z. B. einer Viertelmeile im Nord und Süd eigene Meridianzeichen aufzustellen pflegt, Säulen oder Pfeiler, die in ihren höchsten Theilen mit einer eingetheilten Scala versehen sind, deren Theile sich durch das Fernrohr gut lesen lassen, und durch deren Hilfe man nicht nur die Richtung des Meridians sehr genau bestimmen, sondern auch das Fernrohr leicht wieder darauf zurückführen kann, wenn es durch irgend einen Zufall davon entfernt worden ist.

Der Gebrauch des Mittagsrohres besteht nun darin, daß man:

1) die Uhren mit Hilfe desselben berichtigt. Man pflegt auf den Sternwarten die Uhren nach Sternzeit (s. d. Art. Zeit) gehen zu lassen, so daß sie zwischen zwei nächsten Mittagen oder zwei nächsten Culminationen der Sonne (welche unter den Fixsternen fortzurücken scheint)

nicht 24 Stunden, sondern nahe 24 Stunden 3 Minuten 56 Sec. gegeben. Dabei wird ein gleichförmiger Gang der Uhren vorausgesetzt, d. h. daß sie im Laufe mehrer Tage gegen die richtige Sternzeit täglich oder stündlich um dieselbe Größe zu oder abnehmen. Um nun für jeden Augenblick diese Abweichung der Uhr von der wahren Sternzeit zu finden, wird man das Mittagsrohr, mittelst des Index A o des Kreises m n nahe auf die mittägige Höhe eines Fixsterns stellen, dessen Rectascension für diesen Augenblick man genau kennt. Es sei dieser Stern Aldebaran oder α im Stier, dessen Rectascension 4 Stunden 26 Minuten 25,3 Secunden sein soll. Da der Gang der Uhr, etwa bis auf eine Minute, schon aus früheren Beobachtungen bekannt ist, so wird man einige Minuten, ehe die Uhr 4 Stunden 26 Minuten zeigt, an das Instrument gehen, um dasselbe auf den gewählten Fixstern zu stellen, und dann abwarten, bis der Stern in das Feld des Fernrohres tritt. Gesetzt, dasselbe sei mit 3 senkrechten Fäden versehen, die in gleichen Entfernungen von einander stehen, und man habe die Uhrzeiten des Durchgangs des Sterns durch diese Fäden gefunden, wie folgt:

durch den ersten Faden Uhrzeit	4	St.	26	M.	54,2	Sec.
= = zweiten = =	4	=	27	=	39,3	=
= = dritten = =	4	=	28	=	23,8	=

Addirt man diese 3 Zeiten, und dividirt die so erhaltene Summe durch 3, d. h. nimmt man das Mittel aus diesen drei Beobachtungen so erhält man 4 St. 27 M. 39 S. für die Uhrzeit desjenigen Augenblicks, wo der Stern durch den Meridian ging. Allein die wahre Sternzeit dieses Augenblicks ist bekanntlich gleich der Rectascension derselben oder gleich 4 St. 26 M. 25,3 Sec. Die Differenz dieser beiden Zeiten ist 1 Minute 13,8 Sec., also geht auch die Uhr um die Zeit, wo sie 4 St. 28 M. zeigte, um 1 M. 13,8 Sec. gegen Sternzeit voraus oder sie geht um 1 M. 13,8 Sec. zu geschwind. — Eben so wird man an demselben Tage durch eine andere Beobachtung, z. B. von Wega oder α der Leyer, deren Rectascension 18 St. 31 M. 19,2 Sec. ist, finden, daß die Uhr um diese Zeit um 1 Min. 14,2 Sec. gegen Sternzeit voraus ist, woraus folgt, daß sie in 14 St. 5 Min. Uhrzeit um 0,4 Sec. gegen Sternzeit vorausgeht, so daß sie also, wenn man ihren Gang gleichförmig annimmt, in jeder Stunde um 0,028 Sec. gegen Sternzeit voraus eilt. Aus mehren solchen Beobachtungen wird man das Mittel nehmen, und so den Stand und Gang der Uhr gegen die wahre Sternzeit mit aller nur wünschenswerthen Schärfe bestimmen können.

Das Mittagsrohr dient 2), die Rectascensionen solcher Gestirne, deren Ort am Himmel man noch nicht kennt, zu bestimmen. Man wird kurz vor der Culmination solch eines Gestirnes das Fernrohr auf dasselbe stellen und wieder die Uhrzeiten der Durchgänge desselben durch die drei Fäden bemerken. Gesetzt, man habe an demselben Tage von irgend einem Kometen beobachtet:

am ersten Faden die Uhrzeit	10	St.	43	M.	16,2	Sec.
= zweiten = = =	10	=	44	=	20,4	=
= dritten = = =	10	=	45	=	24,3	=

Das Mittel dieser drei Zahlen ist 10 St. 44 Min. 20,3 Sec., und dieß ist also auch zugleich die **Uhrzeit** der Culmination des Kometen. Allein die Uhr ging um 4 St. 27 Min. Uhrzeit bereits um 1 Min. 13,8 Sec. gegen Sternzeit voraus, und accelerirt in jeder Stunde um 0,028 Sec., also ging sie zur Zeit der Beobachtung des Kometen um 1 Min. 13,98 Sec. gegen Sternzeit voraus, oder der Komet culminirte, wie aus dieser Beobachtung und aus dem bereits bekannten Fehler der Uhr folgt, um 10 St. 43 Min. 6,32 Sec. Sternzeit, und dieß ist daher auch die gesuchte Rectascension des Kometen.

Pendel (v. d. lat. pendere herabhangen) ist in seiner einfachsten Gestalt als **Senkel**, ein schwerer Körper, gewöhnlich eine Kugel, welche an das eine Ende eines dünnen beugsamen Fadens befestigt ist, dessen anderes Ende mit einem festen Punkte verbunden ist, so daß der schwere Körper von dem festen Punkte an dem Faden frei herabhängt. Ein solches Pendel hat die Eigenthümlichkeiten: 1) daß sich der Faden in die Richtung der Falllinie (der Senkrechten auf die Horizontalebene des Ortes der Erde, an welchem man sich befindet) stellt; und daß 2) der schwere Körper sammt dem Faden, wenn man ihn aus der eben angegebenen Richtung heraus bringt, und ihn dann sich selbst überläßt, hin und herschwankt, welche Schwankungen **Schwingungen** oder **Oscillationen** (v. d. lat. oscillare) genannt werden. Ein solches Pendel stellt Fig. 14. dar. FL ist die Richtung der Falllinie, in der es sich im Zustande der Ruhe befindet. Bringt man es in eine beliebige Stellung FA, und läßt es dann frei (ohne ihm einen Stoß zu geben) fallen, so geht es bis L herab, über diesen Punkt hinaus und steigt auf der anderen Seite bis A′ hinauf, indem es den Bogen LA′ = LA beschreibt, darauf fällt es von Neuem, geht wieder über L hinaus bis A, und diese Bewegung wiederholt sich. Man kann zugleich die Bemerkung machen, daß die Bewegung stets am schnellsten in der Gegend von L ist, am langsamsten bei A und A′. Nach L zu nimmt die Geschwindigkeit zu, von L ab nimmt sie ab, und bei A und A′ geht die Richtung der Bewegung in die entgegengesetzte über, wobei dann einen Augenblick beim Umsetzen der Richtung die Geschwindigkeit = 0 wird. Diese Erscheinungen erklären sich aus den Gesetzen des Falls und der Trägheit. Befindet sich der schwere Körper in L, so würde er in der Richtung der Falllinie herabfallen, wenn ihn nicht der Faden FL hielte, er spannt daher diesen Faden vermöge seiner Schwere in der Richtung der Falllinie. Befindet sich der schwere Körper in A oder A′, so würde er ebenfalls in der Richtung der Falllinie herabfallen, aber der Faden FL verhindert dieß und läßt nur ein Fallen in dem Bogen AL zu, die Geschwindigkeit dieses Falles nimmt zu nach den Gesetzen des Falles (s. d. Art.). In L würde der Körper zur Ruhe kommen, wenn er nicht durch den Fall von A nach L eine Geschwindigkeit erlangt hätte, die ihn nach A′ hin forttriebe. Er würde nun mit der ihm bei L eigenthümlichen Geschwindigkeit sich fortbewegen, wenn ihm nicht nun dieselbe Anziehungskraft der Erde, welche ihn

zum Fall von A nach L trieb, entgegenwirkte. Da die Geschwindigkeit bei L das Resultat des Falles (also der Anziehungskraft der Erde) von L nach A war, so ist diese durch die jetzt entgegenwirkende Anziehungskraft der Erde genau aufgezehrt, wenn der schwere Körper sich in A' befindet, welches von L genau eben so weit absteht wie A. Hier angekommen befindet sich der Körper daher ganz wieder unter denselben Bedingungen wie bei A, er beschreibt daher wie vorher den Bogen ALA' jetzt denselben Bogen A'LA in entgegengesetzter Richtung, und man sieht, das ein einmal in Bewegung gesetztes Pendel niemals aufhören wird in den Bogen ALA' sich hin und her zu bewegen, wenn nicht äußere Umstände dieser Bewegung hindernd in den Weg treten. Diese äußeren Umstände fehlen aber nie. Sie sind 1) die Reibung des Fadens an dem Aufhängungspunkte F und 2) der Widerstand, welchen die Luft dem bewegten Körper und Faden entgegenstellt. Diese äußeren Umstände bewirken, daß die Bögen, welche das bewegte Pendel beschreibt allmählig immer kleiner, und daher endlich = 0 werden, d. h. daß endlich das Pendel in der Stellung FL wieder zur Ruhe kommt. Der Winkel AFL heißt der Ausschlagswinkel oder (lat.) Elongationswinkel. Die Bewegung von A nach A' oder von A' nach A heißt eine Schwingung oder Oscillation, von AL und von LA' sind halbe Schwingungen, welche abwechselnd absteigend und aufsteigend sind. Die Weite einer Schwingung ist der Bogen AA' nach Graden, Minuten und Secunden gemessen. Die Dauer einer Schwingung ist die Zeit, welche der Pendel braucht, um diesen Bogen zu durchlaufen.

So einfach das Pendel ist, so ist es doch eines der wichtigsten Instrumente, es dient zur Bestimmung der Falllinie, der genauen Zeitmessung, der Gestalt der Erde und einer der wichtigsten Fragen über die allgemeine Anziehung der Materie. Pendelschwingungen kommen überdieß bei einer Menge von Erscheinungen vor, welche auf den ersten Anblick in gar keiner Beziehung mit dem Pendel zu stehen scheinen. Daher hat man die Gesetze der Pendelschwingungen auf das Genaueste bestimmen müssen. Diese Gesetze sind:

1) Die Dauer der Oscillationen, welche sehr klein sind, ist unabhängig von ihrer Weite. Man nennt sie daher isochron (griech., gleichzeitig), um auszudrücken, daß sie sämmtlich in gleichen Zeiten gemacht werden. Die Oscillationen von 4 oder 5 Grad Weite gehören nicht mehr zu den sehr kleinen, sie fangen an, eine merklich längere Dauer zu haben.

2) Die Dauer der Oscillationen ist immer unabhängig von dem Gewichte des schweren Körpers und von der natürlichen Beschaffenheit der Substanz, aus welcher derselbe besteht.

3) Die Dauer der Oscillation eines Pendels verhält sich zu der Dauer der Oscillation eines anderen Pendels, wie die Quadratwurzeln aus den Längen beider Pendel sich verhalten.

Diese Gesetze werden in der Mechanik streng mathematisch abgeleitet, lassen sich aber auch durch die Erfahrung annäherungsweise nachweisen. — Will man das erste Gesetz durch Einen Versuch darthun, so wird dazu eine zu lange Zeit erfordert, weil man mehre Hunderte

von Oscillationen zählen muß; nämlich erstens beim Anfange der Schwingungen, wann die Weite 4 oder 5 Grad beträgt; dann etwas später, wann die Weite 2 oder 3 Grad beträgt; und endlich gegen das Ende der Pendelbewegung, wann die Weite der Oscillationen dem bloßen Auge verschwindet und nur noch durch Gläser wahrgenommen werden kann. Man erstaunt sogleich, daß das Pendel beinahe eben so viel Zeit braucht um einen Bogen von $\frac{1}{10}$ Grad zu durchlaufen, wie um einen Bogen von 10 Grad zurücklegen, der folglich 100 mal größer ist; aber man begreift den Grund dieser Erscheinung, wenn man bedenkt, daß in dem zweiten Falle die Schwere ihm eine größere Geschwindigkeit ertheilt, weil sie in schieferer Richtung und auf eine wirksamere Weise auf dasselbe wirkt. Dieses Gesetz der Isochronismus ist eine der ersten Entdeckungen des berühmten Gallilái. Man erzählt, derselbe habe in seiner Jugend in einer Kirche zu Pisa zufällig die Schwingungen einer Lampe beobachtet, welche von dem Gewölbe der Kirche herab hing. Er erstaunte über die Wiederholung der Bewegung und über die Gleichmäßigkeit ihrer Dauer. — Das zweite der angegebenen Gesetze läßt sich leicht nachweisen. Man nimmt Kugeln aus verschiedenen Substanzen, aus Holz, Elfenbein u. a., und macht daraus Pendel von gleicher Länge, die man mit einander oscilliren läßt. Man wird finden, daß ihre Bewegung wenigstens längere Zeit gleichmäßig bleibt. In diesem Gesetze liegt zugleich ein Beweis, daß die Schwere auf alle Körper, welches auch ihre Substanz sein mag, völlig gleichmäßig wirkt (s. d. Art. Fall), denn die Schwere ist es offenbar allein, welche die Bewegungen des Pendels hervorbringt, wie sie dieselben auch zum Fallen bestimmt. Bekanntlich hat man den angegebenen Satz auch durch Fallversuche im luftleeren Raume nachgewiesen, aber die Pendelschwingungen sind geeigneter zur Beobachtung, weil sie anhaltender beobachtet werden können. — Das dritte der angeführten Gesetze der Pendelschwingungen wird mit Pendeln von verschiedener Länge dargethan. Nimmt man z. B. drei verschiedene Pendel, deren Längen in dem Verhältniß der Zahlen 1, 4, 9 stehen, so müssen sich die Zeiten, in welchem sie ihre Oscillationen zurücklegen, wie die Zahlen 1, 2, 3 (die Quadratwurzeln aus 1, 4, 9) verhalten. Um sich hiervon zu überzeugen, hängt man die drei Pendel eines vor das andere, oder wie Fig. 15. zeigt, unter einander an Doppelfäden. Man findet, daß das Pendel, dessen Länge 1 ist, 2 Oscillationen macht, während das Pendel von der Länge 4 Eine macht, und 3, während das Pendel von der Länge 9 Eine macht, daß also jede einzelne Oscillation des Pendels von der Länge 4 zweimal, und jede einzelne Oscillation des Pendels von der Länge 9 dreimal so lange dauert als Eine Oscillation des Pendels von der Länge 1.

Die angeführten Gesetze der Pendelschwingungen sind ganz unabhängig von der Intensität der Schwere. Gesetzt diese Kraft werde hundertmal stärker oder hundertmal schwächer, so werden die kleinen Oscillationen doch noch isochron sein und ihre Dauer wird noch in demselben Verhältnisse gegen die Gewichte und gegen die Längen der Pendel stehen. Aber obgleich diese Gesetze mit der Intensität der Schwere

nicht sich ändern, so ändert sich mit derselben doch die absolute Dauer jeder Oscillation. Wenn die Schwere in einem bestimmten Augenblicke plötzlich zu wirken aufhörte, so würden die Körper aufhören zu fallen und die Pendel aufhören zu oscilliren; oder wenigstens fielen die Körper nur noch mit der von ihnen bereits erlangten Geschwindigkeit (dem Gesetze der Trägheit gemäß), und die eben in Bewegung befindlichen Pendel beschrieben ganze Kreise (ihre Bewegung würde nicht wieder rückgängig) ohne in die senkrechte Richtung zurück zu kehren, und ohne durch irgend eine weitere Ursache in ihrer Bewegung modificirt zu werden, als durch die Reibung. Verdoppelte sich dagegen die Intensität der Schwere plötzlich, so würden die Körper mit größerer Geschwindigkeit fallen und die Pendel würden schneller in der Wiederholung ihrer Schwingungen sein. Das wahre Verhältniß zwischen der Dauer der Oscillationen, der Länge des Pendels und der Intensität der Schwere, kann nur aus den Gesetzen der Mechanik gefunden und nur durch eine Formel ausgedrückt werden, deren Kenntniß sehr wichtig ist.

Es bezeichne l die Länge eines Pendels z. B. nach Mètres; T die Dauer einer Oscillation dieses Pendels nach Secunden; π ist wie bekannt die Zahl, welche annäherungsweise das Verhältniß des Umfanges zum Diameter ausdrückt $= 3,14159$; g endlich sei die Intensität der Schwere, d. h. die Anzahl Mètres, welche die Geschwindigkeit eines Körpers nach Einer Secunde freien Falles ausdrückt. Dann hat man als Formel des Pendels $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, folglich $g = \frac{\pi^2\, l}{T^2}$, d. h. die absolute Intensität der Schwere ist gleich dem Quadrate des angenäherten Verhältnisses des Umfangs zum Diameter, multiplicirt mit der Lände des Pendels, welches man beobachtet und dividirt durch das Quadrat der Zeit Einer Oscillation. Um also die Intensität der Schwere zu haben, genügt es, ein Pendel oscilliren zu lassen, seine Länge zu messen um l zu haben, die Dauer Einer Oscillation zu messen um T zu haben, und nachher die angezeigten Rechnungen zu machen. Diese Formel reicht hin für das **einfache** Pendel, unter welchem man ein durchaus unmangelhaftes Pendel versteht, welches sich zwar leicht vorstellen aber auf keine Weise herstellen läßt. Ein solches Pendel müßte einen Faden haben, der sich durchaus nicht dehnte und keine Schwere besäße, an dessen Ende ein einziges unendlich kleines schweres Körpertheilchen befestigt wäre; oder an die Stelle des Fadens müßte eine mathematische Linie treten. Man nennt dieß Pendel daher auch **mathematisches** Pendel.

Jedes nicht wie das eben angegebene einfache Pendel, heißt ein **zusammengesetztes** Pendel, also schon ein unbiegsamer Faden ohne Schwere, an den nur 2 schwere Körpertheilchen l und L (Fig. 14.) befestigt wären, würde ein zusammengesetztes Pendel bilden. Bei einem derartigen Apparate ist nämlich die Geschwindigkeit der Oscillationen zusammengesetzt aus den Geschwindigkeiten der Oscillationen, welche jedes der kleinen Körpertheilchen für sich annehmen würde, wenn es frei oscillirte. Das Körpertheilchen l, welches nur um die Entfernung Fl vom Auf=

hängungspunkte absteht, sucht schneller zu oscilliren, als das Körpertheilchen L, welches um FL absteht. Da aber beide, l und L, so mit einander verbunden sind, daß sie nothwendig gleichzeitig schwingen müssen, so wird l in seinen ihm allein eigenthümlichen Schwingungen durch L verzögert werden und L wird durch l beschleunigt werden, so daß eine mittlere Geschwindigkeit des zusammengesetzten Pendels sich als Resultat ergeben wird, d. h. das zusammengesetzte Pendel FL wird schwingen wie ein einfaches, dessen Länge größer als Fl und kleiner als FL ist. Bei jedem wirklich hergestellten Pendel kommen nun nicht nur zwei sondern unzählige schwere Körpertheilchen vor, welche den Gang desselben modificiren, und die wirkliche Geschwindigkeit desselben wird zusammengesetzt sein aus den Geschwindigkeiten aller seiner Bestandtheilchen, wenn jedes einzelne frei oscillirte. Fp (Fig. 16.) stellt ein gewöhnliches Pendel vor, wie diejenigen sind, deren man sich als Regulatoren bei Uhren bedient. F ist der feste Punkt, der Drehungspunkt des Pendels, Ft die Pendelstange, welche die Stelle des Fadens vertritt und ll′ die Linse (Metallscheibe), welche den schweren Körper des einfachen Pendels vertritt. Der Punkt m und diejenigen Punkte, die wie m der Aufhängungsaxe sehr nahe sind, würden sich sehr schnell bewegen, wenn sie allein wären. Dagegen wird der äußerste Punkt p, so wie alle in seiner Nähe befindlichen Punkte, nur sehr langsam sich bewegen können. Die ersteren werden mithin durch das Bestreben, die letzteren zu beschleunigen, verzögert, und diese werden durch den von jenen erhaltenen Impuls beschleunigt. Daher gibt es zwischen m und p einen gewissen Punkt C, der was ihn betrifft, weder beschleunigt noch verzögert ist, und der seine Oscillationen genau so macht, als wenn er allein (der einzige schwere Punkt des Pendels) und am Ende eines Fadens = FC aufgehängt wäre; dieser wichtige Punkt heißt der **Schwingungsmittelpunkt**. Bei jedem zusammengesetzten Pendel finden sich nothwendig ein oder mehre Schwingungsmittelpunkte, und ihr gemeinschaftlicher Abstand vom Aufhängungspunkte des Pendels heißt die **Länge des Pendels**. Also ist z. B. die Länge des Fig. 16. abgebildeten Pendels nicht gleich Fp, sondern gleich FC. Diese Länge ist stets gleich der Länge eines einfachen Pendels, welches mit derselben Geschwindigkeit oscillirte, wie das zusammengesetzte Pendel. Der Schwingungsmittelpunkt hängt von der Gestalt des schwingenden Körpers ab, sobald dieser Körper durchaus gleichartig ist, und von seiner Gestalt und der Dichte seiner Theile, wenn er nicht gleichartig ist. Ein ganz aus Kupfer gearbeitetes Pendel z. B. würde seinen Schwingungsmittelpunkt in C (Fig. 16.) haben, wenn seine Stange sehr dick wäre, und in C′ wenn ein Faden an ihre Stelle gesetzt würde. Ein kleines Gewicht, welches man an das untere Ende p brächte, würde den Schwingungsmittelpunkt noch weiter herabsetzen, und brächte man dasselbe oberwärts an, so würde es ihn weiter hinaufbringen. Man bringt daher auch bei manchen Uhren einen **Laufer** an, welcher längs der Pendelstange verschoben werden kann und denn man niedriger oder höher stellt, um den Gang der Uhr zu verzögern oder zu beschleunigen. Meistens aber wird dieses durch die Linse selbst bewerkstelligt, welche so eingerich-

tet zu sein pflegt, daß man sie mit Hilfe einer kleinen Schraubenbewegung höher und niedriger stellen kann. — Da wir nur zusammengesetzte Pendel herzustellen vermögen, so treten der Bestimmung der Intensität der Schwere durch Pendelbeobachtungen zwei Schwierigkeiten entgegen: 1) mit Genauigkeit die Dauer einer Schwingung zu beobachten, und 2) mit Genauigkeit die Länge des Pendels zu bestimmen, welches man oscilliren läßt. Denn nur erst nach Besiegung dieser Schwierigkeiten kann das zusammengesetzte Pendel auf das einfache reducirt werden, so daß man von der Formel $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ Gebrauch machen kann, um die Intensität der Schwere g abzuleiten.

Borda hat zuerst ein genaue Methode zu Messung des Pendels angegeben. Er stellte seine Versuche 1790 auf dem Observatorium zu Paris an. Biot, Bouvard und Matthieu haben 1808 dieselben Beobachtungen wiederholt, nach dem Vorgange Bordas und mit ähnlichen Instrumenten. Arago und Humboldt haben 1818 durch andere Verfahrungsarten jene Versuche bestätigt. Alle diese Versuche bestätigen die Genauigkeit der Bordaschen Beobachtungen, und es ergibt sich daraus, daß die Intensität der Schwere, wie sie Borda gefunden, zu Paris = $9^m, 8088$ ist, d. h. daß ein Körper der im luftleeren Raume während einer Secunde fällt, nach Verlauf dieser Zeit eine Geschwindigkeit erlangt hat, vermöge welcher er, wenn die Schwere auf ihn zu wirken aufhörte (seine Bewegung gleichmäßig, nicht ferner beschleunigt würde), in jeder folgenden Secunde $9^m,8088$ zurücklegen würde. Dieß kann man auch so ausdrücken: daß ein Körper, welcher sich im luftleeren Raume bewegt, vom Zustande der Ruhe ausgehend, in 1'' einen Raum von $4^m,9044$ (= 15,091 Par. F.) durchläuft; denn bekanntlich ist die Geschwindigkeit, welche ein Körper nach Verlauf Einer Zeiteinheit erlangt hat, zweimal so groß als der während dieser Zeit durchlaufene Raum. (S. d. Art. Fall, S. 333).

Das Pendel, dessen sich Borda bediente, wird das absolute Pendel genannt. Es besteht aus einer schweren Kugel, die an einem sehr dünnen Drahte (Fig. 17.) aufgehangen ist. Da die Kugel homogen und genau abgerundet ist, und da der Draht, obgleich von anderer Substanz, in sich selbst homogen ist, so kann man den Punkt, in welchen das Schwingungscentrum fällt, genau berechnen. Hat man es z. B. in c gefunden, so hat man nur noch nöthig, die Gesammtlänge des Pendels vom Aufhängungspunkte bis zum Punkte A zu messen, und davon die Entfernung ct abzuziehen, um die wahre Länge des Pendels zu haben. Die Kugel ist von Platin. Man wählt dieses Metall, weil es am unveränderlichsten ist, und weil es am dichtesten und folglich am wenigsten empfindlich für den Widerstand der Luft ist. Auf die Kugel paßt eine Kappe, welche genau nach demselben Halbmesser gearbeitet ist; und die Adhärenz beider Oberflächen an einander, welche durch eine dünne Lage Fett bewerkstelligt wird, reicht hin, das ganze Gewicht der Kugel zu tragen. Der Aufhängungsdraht ist von Kupfer, welcher an der einen Seite durch die Mitte des Stiels der

Kappe geht und zwischen den beiden Stücken, aus denen dieser Stiel besteht, befestigt ist. Sein oberes Ende ist auf ähnliche Weise befestigt. Dieses zweite Stück, in welches der Draht eingeklemmt ist, ist an dem Aufhängungsapparat befestigt, den Fig. 17. darstellt. Derselbe besteht: 1) aus einem Prisma von Stahl mit einer ziemlich scharfen Schneide, mittelst deren das Pendel auf Agatplatten ruht, und 2) aus einem stählernen Cylinder, der senkrecht auf der Schneide steht und das Stück trägt, an welches der Draht befestigt ist. — Fig. 18. zeigt den ganzen aufgestellten Apparat. — Um die Dauer einer Oscillation zu bestimmen, setzt man das Pendel in einem bestimmten Zeitmomente in Bewegung, welcher auf einer guten Pendeluhr oder auf einem Chronometer angemerkt wird. Darauf läßt man ihn mehre Stunden lang oscilliren und bemerkt genau den Augenblick, wo er seine letzte Oscillation beendet. Die Zeit von dem Anfange der ersten Schwingung bis zum Ende der letzten ist die Zeit, während welcher das Pendel in Gang war, z. B. 4 St. 10 Min. = 15000 Sec. Wüßte man nun noch, wie viele einzelne Schwingungen das Pendel während dieser Zeit gemacht hat, z. B. 20000, so würde man sagen: In 15000'' hat es 20000 Oscillationen von gleicher Dauer gemacht; es hat folglich zu Einer Schwingung $\frac{3''}{4}$ gebraucht; und wenn man sich hierbei nicht um Eine Oscillation verrechnet hat, so folgt, daß man sich nicht um $\frac{3''}{80000}$ oder um $\frac{1}{26666}$ einer Secunde über die Dauer Einer Oscillation getäuscht hat.

Die Schwierigkeit ist nur, genau die Anzahl der Oscillationen zu finden. Es ist klar, daß sie der Beobachter nicht eine nach der anderen zählen kann, dieß würde zu langweilig sein und leicht zum Verzählen Veranlassung geben. Es gibt zwei gleich sichere Mittel jene Bestimmung zu erhalten. Das erste Mittel ist, daß man sich eines Zählers bedient, den man durch vorläufige Versuche mit dem Gange des Pendels in Uebereinstimmung bringt. Sind sie einmal in Uebereinstimmung, so hat der Beobachter nichts zu thun, als Unordnungen zu verhüten, welche aus der Abnahme der Weite der Pendelschwingungen entstehen können, und den Zähler durch einen Druck mit der Hand oder auf andere Weise wieder in Uebereinstimmung mit dem Pendel zu bringen. Auf dem Zifferblatte des Zählers liest man die Anzahl von Schwingungen, welche das Pendel gemacht hat, ab. Das andere Mittel ist die sogenannte Methode der Coincidenzen (v. d. lat. coincidere zusammenfallen), welche zuerst von Mairan vorgeschlagen wurde und darin besteht, daß man zwei voreinander stehende Pendel durch ein hinlänglich entferntes Fernrohr beobachtet und diejenigen Fälle aufzeichnet, wo ihre Schwingungen zusammenfallen, da es sich wohl selten oder nie ereignet, daß beide Pendel völlig isochronisch (gleichzeitig) schwingen, so daß nothwendig das eine vor dem anderen voraus eilen muß, bis es nach Vollendung mehrer Schwingungen wieder mit jenem zusammentrifft. Mehre Physiker, namentlich Borda, haben sich die-

ser Methode bedient. Man stellt zu diesem Ende das Pendel vor eine genau regulirte Uhr, befestigt auf ihrem Pendel ein kleines Zeichen, z. B. ein kleines kreisförmiges Scheibchen Papier, am besten so, daß dieses durch das zu beobachtende Pendel oder ein auf demselben befindliches undurchsichtiges Object ganz bedeckt wird, wenn beide in der Verticale ruhig hängen. Alsdann befestigt man in einer Entfernung von 24 bis 36 Fuß ein Fernrohr mit einem vor dem Oculare befindlichen verticalen Spinnenfaden so, daß dieser die Zeichen beider Pendel deckt oder bisecirt. Werden dann beide Pendel gleichzeitig in Bewegung gesetzt, so muß bei einer stattfindenden Ungleichheit ihrer Schwingungen das Zeichen des einen sich von dem des anderen entfernen, oder sie werden sich nicht mehr decken, bis die Entfernung beider ihr Maximum erreicht hat, welches nach Vollendung einer halben Schwingung mehr oder weniger eintritt. Von da an werden beide sich wieder nähern, bis sie völlig sich deckend, oder mit ihren Mittelpunkten zusammenfallend von der entgegengesetzten Seite her vor dem Spinnenfaden vorbeigehen und das eine der Pendel eine ganze Schwingung mehr vollendet hat. Demnächst werden sich die Zeichen nach der entgegengesetzten Seite von einander entfernen, dann sich wieder nähern, bis sie völlig sich deckend von der anfänglich angenommenen Seite her wieder vor dem Faden im Fernrohre vorbei gehen. Dieses genannte Zusammentreffen beider Zeichen in der Verticale heißt dann die Coincidenz, deren man allzeit zwei oder mehrfache von zweien in Rechnung nimmt, so daß nach zwei Coincidenzen die Zahl der beobachteten Pendelschwingungen $N \pm 2$ ist. Man erhält sonach die Proportion: die Zahl der Schwingungen des Uhrpendels $= N$ verhält sich zu der Zahl der Schwingungen des beobachteten Pendels zwischen zwei Coincidenzen $= N \pm 2$, wie die Menge der Secunden der Uhr in einem Tage $= R$ zur correspondirenden Zahl der Pendelschwingungen. Heißt letztere P, so ist $P = \frac{R\ (N \pm 2)}{N} = R \pm \frac{2\ R}{N}$, wonach also die Secundenzahl der Uhr nach dem bestimmten Gange derselben bekannt sein muß. Geht dieselbe völlig genau, so ist R für Sexagesimal-Eintheilung $= 86400$, und je gleichförmiger der Gang beider Pendel ist, desto geringer wird die Zahl der Coincidenzen und desto kleiner der Bruch $\frac{2\ R}{N}$ sein. Allerdings sind in diesem Falle die Coincidenzen schwerer zu beobachten, allein dieses wird durch die Kleinheit der erforderlichen Correction und die Geringfügigkeit eines unbedeutenden Fehlers in der Bestimmung von N aufgewogen.

Um nachher die Länge des Pendels zu messen, bedient man sich (nach Biot) einer polirten Stahlplatte, welche man sehr genau und fest unter der Kugel des Pendels anbringt (Fig. 18.). Man erhebt sie allmählig höher und höher mit Hilfe einer Schraube, so aber, daß sie fortwährend in horizontaler Lage bleibt. Ist sie endlich der Kugel bis zur Berührung nahe gekommen, so daß diese bei den Schwingungen des Pendels leicht an die Platte anstreicht, so ist man versichert,

daß die Entfernung der Ebenen, auf welchen die Messerschneide aufruht, von der Stahlplatte gleich ist dem Abstande der untersten Punkte der Kugel von der Messerschneide. Hierauf hebt man das Pendel ab und bringt an seine Stelle einen Maßstab, welcher auf den Platten, auf denen das Pendel ruht, mit einer Messerschneide aufliegt, welche der des Pendels völlig ähnlich ist (Fig. 19.). Dieser Maßstab ist in Fig. 20. von vorn, in Fig. 21. von der Seite abgebildet. Man sieht eine Zunge l, welche vor oder zurücktritt durch Bewegung der Schraube v. Sobald der Maßstab an die Stelle des Pendels aufgehängt worden, läßt man mit Hilfe der Schraube v die Zunge l weiter und weiter mit der größten Vorsicht vortreten, und indem man den Maßstab wie vorher das Pendel schwingen läßt, beobachtet man den Augenblick, wo bei immer weiterem Vortreten der Zunge diese mit ihrem Ende an die Platte eben so leicht anstreift, wie vorher der unterste Punkt der Pendelkugel. Auf dem Maßstabe ist eine Theilung angebracht und eben so auf der Zunge l, man kann also ablesen, wie weit der Endpunkt von l absteht von der Messerschneide, auf welcher der Maßstab aufliegt. Diese Länge ist offenbar gleich der Länge des Pendels von seinen Messerschneiden bis zum entferntesten Punkte seiner Kugel. Da man die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes von dem äußersten Punkte der Kugel kennt, so hat man nur noch nöthig, diese Größe von der mit Hilfe des Maßstabes gefundenen Länge abzuziehen, um die genaue Länge des mathematischen Pendels zu haben, welches völlig dieselben Schwingungen machen würde, wie das beobachtete Pendel. Setzt man nun die so gefundene Länge l des Pendels und die entsprechende Dauer T der Oscillation in die Formel $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, so kann man endlich den Werth von g berechnen. Nachdem diese Größen gegeben sind, kann man leicht die Länge des Secundenpendels ausrechnen, d. h. die Länge eines Pendels, das genau in Einer Secunde Eine Schwingung macht; und es ist klar, daß die Intensität der Schwere eben so gut wie der Werth von g durch die Länge des Secundenpendels bestimmt ist, weil mit Hilfe der angegebenen Formel jedes der Elemente aus den übrigen abgeleitet werden kann.

Man bedient sich entweder des Decimal-Pendels oder des Sexagesimal-Pendels. Diese Benennungen beziehen sich auf die Zeit, je nachdem man den mittleren Sonnentag in Decimaltheile oder Sexagesimaltheile eintheilt. Der in Decimaltheile eingetheilte Tag besteht aus 10 Stunden, jede Stunde aus 100 Minuten und jede Minute aus 100 Secunden, wonach ein Tag 100000 Decimal-Secunden hat. Der nach Sexagesimaltheilen getheilte Tag hat 24 Stunden, jede Stunde 60 Minuten, und jede Minute 60 Secunden, welches für einen Tag 86400 Sexagesimal-Secunden gibt. Das Decimal-Pendel ist dasjenige welches in einer Decimal-Secunde Eine Schwingung macht und das Sexagesimal-Pendel das, welches hierzu Eine Sexagesimal-Secunde braucht. Zu Paris ist nach den Messungen von Borda die Länge des Sexagesimal-Pendels $= 993^{mm}, 8267$. Die

später gemachten Messungen geben diese Größe nur um 18000 Theil eines Millimeters größer. — Die Länge des Sexagesimal-Pendels zu London ist = 994^{mm}, 1147. Sie wurde 1818 von Kater bestimmt mit Hilfe eines von ihm erfundenen Apparates, der sehr sinnreich ist und eine große Genauigkeit zuläßt. Derselbe wird Reversionspendel (lat., Umkehrungspendel) genannt, und Muncke gibt folgende erklärende Beschreibung desselben. Zur Construction eines Reversionspendels gelangt man durch sehr einfache Mittel. Eine möglichst gleichförmig gearbeitete Stange AB (Fig. 22.) (ohne das bewegliche Gewicht n) werde an zwei Punkten mit zwei gleichen Messerschneiden C und c versehen, deren Schneiden in der Axe der Stange liegen, während ihre entgegengesetzten Grundflächen einander parallel sind. Will man daraus den Abstand beider Messerschneiden von einander so bestimmen, daß das Pendel ein richtiges Reversionspendel ist, so muß zuerst nur die eine derselben angebracht, alsdann vermittelst einer kleinen schweren, an einem möglichst dünnen Faden aufgehangene Kugel die Länge des gleichzeitig mit der auf der einen Messerschneide schwingenden Stange oscillirenden (einfachen) Pendels aufgefunden werden, und diese gibt dann den Abstand beider Messerschneiden von einander. Aus der Natur des Pendels folgt dann, daß das Stangenpendel, wenn es auf der Messerschneide C ruht, demnächst umgekehrt und auf der Messerschneide c aufgehangen wird, beide Male in gleichen Zeiten oscillirt. Findet nämlich die Oscillation um die Schärfe der Messerschneide C statt, so liegt der Schwingungsbogen in der Schärfe der andern c, beide müssen daher bei der Umkehrung des ganzen Pendels verwechselt werden und der Abstand beider von einander gibt daher einfach die Länge des mathematischen Pendels. Leichter ist es, wenn man noch obendrein zugleich ein genaues Secundenpendel herstellen will, die Stange etwa 12 bis 15 Zoll länger zu machen, als die Länge des einfachen Secundenpendels beträgt, die eine Messerschneide nahe am einen Ende, die andere einige Zoll weiter entfernt, als die Länge des Secundenpendels beträgt, anzubringen, vermittelst eines feinen Lothes durch Wegnehmen von der Stange an der einen oder der anderen Seite diese so herzustellen, daß beide Schneiden genau in die verticale Ebene fallen, alsdann das cylinderförmige Gewicht n anzubringen und das auf der Messerschneide C schwingende Pendel durch Verschiebung oder benöthigten Falls auch Veränderung des Cylinders n und Abnahme des unteren Endes der Stange zu einem genauen Secundenpendel zu machen, worauf sich zeigen wird, daß es nach der Umkehrung in gleichen Zeiten schwingt, und es gibt dann der Abstand beider Schärfen von einander genau die Länge des einfachen Secundenpendels, wenn dabei die später zu erörternden Reductionen angebracht werden. — Nach diesen allgemeinen Principien construirte Kater das gleich anfangs von ihm gebrauchte Reversionspendel, wonach später eine Menge anderer von unveränderlicher Länge für die feinsten Messungen verfertigt worden sind. Dasselbe besteht aus einer Messingstange ab (Fig. 23.), in welche zwei dreieckige Löcher zum Durchstecken der Messerschneiden α, β in einem Abstande

von 39,4 Zoll geschnitten sind. Ueber denselben, die obere Seite des Loches genau berührend, befinden sich an jedem Ende zwei messingene Platten mn, m'n', 6 Zoll lang, angeschraubt, zwischen denen die Messingstange noch 2 Zoll hervorragt, in den Raum der übrigen 4 Zoll sind zwei 17 Zoll lange hölzerne Stäbe gh, g'h' befestigt, an deren Enden feine Fischbeinstäbchen l und l hervorragen. Das messingene Gewicht p, ein Cylinder von 3,5 Zoll Durchmesser, 1,25 Zoll Höhe und 2 Pfd. 7 Unzen Gewicht, ist auf die Stange geschoben und durch einen konischen Stift unbeweglich festgesteckt. Noch zwei andere kleine Gewichte v und w sind auf der Stange beweglich, und durch eine Oeffnung des größern kann die Eintheilung auf dem Stabe abgelesen werden, um seinen Abstand von der Mitte genau zu bestimmen. Die Messerschneiden des ersten Pendels sind von Wootz gemacht, die spätern werden aus hartem Gußstahl gemacht. Sie ruhen gewöhnlich in den Einschnitten a, b (Fig. 24.) der Unterlage von Glockenmetall, welche durch die Schraube c niedergelassen wird und sie dann sanft auf 2 Agatplatten herabsinken läßt, die ihnen während der Dauer der Beobachtungen zur Unterlage dienen.

Um die Intensität der Schwere an verschiedenen Orten der Erde zu bestimmen, mußte man an jedem dieser Orte eigentlich ähnliche Beobachtungen anstellen, wie zu London und Paris. Da solche Beobachtungen aber die sorgfältigsten Vorbereitungen und viele Zeit erfordern, so hat man auf Mittel, die leichter zum Ziele führen, gesonnen. Ein solches Mittel hat man in der Anwendung des unveränderlichen Pendels. Dasselbe besteht aus einer starken Stange von Kupfer oder Holz, durch welche oben eine Messerschneide geht, und welche unten eine schwere Linse trägt. Diese Linse pflegt man an den Kanten abzuschärfen, damit sie bei den Schwingungen des Pendels die Luft mit größerer Leichtigkeit durchschneide. Ein solider Dreifuß ist bestimmt die Agatplatte zu tragen, auf welche man die Schneide des Pendels setzt, sobald man die Beobachtung anstellen will. Der Dreifuß selbst muß auf einer unbeweglichen Grundlage stehen, und deßwegen pflegt der Reisende, welcher Pendelbeobachtungen anstellen will, drei Werkstücke mit sich zu führen, welche er auf festem Lande in den gehörigen Abständen in den Boden einsetzt und in sandigem Lande auf Grundpfähle stellt. Ueber dieser festen Grundlage läßt man das Pendel mit größter Sorgfalt oscilliren.

Man mißt nicht die Länge des Pendels, aber man zählt mit großer Genauigkeit die Anzahl der Oscillationen, welche in einer ebenfalls genau bestimmten Zeit gemacht werden. Hat ein Beobachter auf diese Weise eine große Anzahl von Beobachtungen an verschiedenen Orten gemacht und kehrt dann an einen Ort zurück, wo die Länge des Sexagesimalpendels direct bestimmt worden, und beobachtet auch an diesem Orte sein Pendel, so kann er nun für die verschiedenen Beobachtungsorte die Intensitäten der Schwere genau berechnen. Die Intensitäten der Schwere an den verschiedenen Orten verhalten sich nämlich umgekehrt wie die Quadrate der Zeiten, welche zu Einer Oscillation an den

verschiedenen Orten gebraucht werden. Die ganze Rechnung ist ein einfaches Regel-de-tri-exempel.

In der nachstehenden Tabelle hat Muncke alle ihm bekannt gewordenen Bestimmungen der Länge des einfachen Secundenpendels an verschiedenen Orten zusammengestellt.

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.			Pendellängen in Millim.
Freycinet	Malvinen	51°	35′	18″	994,0657
Düperrey	—	51	31	44	994,1295
Fallows	Cap d. g. Hoffnung	33	55	56	992,5887
Freycinet	—	33	55	15	992,5677
Freycinet	Port Jackson	38	51	34	992,6260
Düperrey	Port Jackson	33	51	34	992,5879
Brisbane	Paramatta	33	48	43	992,5590
Dunlop	Paramatta	33	48	43	992,5730
Luetke	Valparaiso	33	2	30	992,5178
Freycinet	Rio de Janeiro	22	55	13	991,6956
Foster	Rio de Janeiro	22	55	22	991,7137
Basil Hall	Rio de Janeiro	22	55	22	991,7170
Düperrey	Isle de France	20	9	40	991,7707
Luetke	St. Helena	15	54	59	991,6035
Sabine	Bahia	12	59	21	991,2203
Sabine	Ascension	7	55	48	991,1948
Düperrey	—	7	55	9	991,1824
Sabine	Maranham	2	31	43	990,8975
Freycinet	Rawack	0	1	34	990,9466
Sabine	St. Thomas	6	24	21	991,1109
Basil Hall	Gallopagos Inseln	0	32	19	991,0403
Luetke	Ualan	5	21	16	991,3043
Sabine	Sierra-Leone	8	29	28	991,1073
Sabine	Trinidad	10	38	56	991,0609
Goldingham	Madras	13	4	9	991,2723
Luetke	Guahan	13	26	21	991,4277
Freycinet	Guam. Ins.	13	27	51	991,4520
Sabine	Jamaica	17	56	7	991,4725
Freycinet	Mowi	20	52	7	991,7850
Basil Hall	San Blas	21	32	24	991,5633
Foster	San Blas	21	32	24	991,5903
Luetke	Boni	27	4	12	992,3773
Biot	Lipari	38	28	37	993,0792
Biot	Formentera	38	39	56	993,0697
Sabine	New-York	40	42	43	993,1586
Biot	Barcellona	41	23	15	993,2321
Düperrey	Toulon	43	7	20	993,3652
Biot, Matthieu	Figeac	44	36	45	993,4578
Biot, Matthieu	Bordeaux	44	50	26	993,4529
Biot	Fiume	45	19	0	993,5841
Biot	Padua	45	24	3	993,6073
Biot	Mailand	45	28	1	993,5476
Biot, Matthieu	Clermont Fer.	45	46	48	993,5823

Beobachter.	Orte.	Breitengrade.			Pendellängen in Millim.
Borda, Cassini.......	Paris	48	50	14	993,8462
Biot, Bouward.....	—	—	—	—	993,8668
Sabine, Kater.......	—	—	—	—	993,8606
Kater	Schanklin = Farm....	50	37	24	994,0470
Biot, Mathieu.......	Dünkirchen..........	51	2	10	994,0804
Kater	London.............	51	31	8	994,1234
Kater	Arbury = Hill........	52	16	55	994,2275
Luetke	St. Peter u. Paul..	53	0	53	994,3734
Kater................	Clifton.............	53	27	43	994,3016
Schumacher	Altona	53	32	45	994,3520
Bessel	Königsberg	54	42	50	994,4099
Kater................	Forth=Leith..........	55	58	37	994,5352
Biot.................	—	—	—	—	994,5310
Luetke	Sitka...............	57	2	58	994,6200
Kater	Portsoy	57	40	59	994,6906
Svanberg, Cronstrand	Stockholm	59	20	43	994,8059
Luetke...............	Petersburg	59	56	21	994,9100
Sabine...............	Brassa..............	60	9	42	994,9985
Kater...............	Unst................	60	45	25	994,9384
Biot	—	—	—	—	994,9457
Sabine	Drontheim...........	63	25	54	995,0132
Sabine	Hare = Island........	70	26	17	995,6370
Sabine	Hammerfest..........	70	40	5	995,5312
Foster...............	Port=Bowen	73	13	39	995,7724
Sabine	Grönland	74	32	19	994,7465
Sabine...............	Melville............	74	47	12	995,8560
Sabine...............	Spitzbergen	79	49	58	996,0359

Bei den genauen Pendelmessungen sind aber noch verschiedene Umstände zu berücksichtigen, welche auf die Beobachtungen von wesentlichem Einflusse sind. Gesetzt man habe für einen bestimmten Ort die Länge des Secunden=Pendels ganz genau gemessen, so ist klar, daß das gemessene Pendel nur dann ein wahres Secundenpendel sein wird, wenn die beobachteten Oscillationen, aus denen man die Zeitdauer Einer Schwingung berechnet hat, wirklich isochronisch waren. Mit mathematischer Schärfe sind nur die Oscillationen isochronisch, welche unendlich kleine Bogen beschreiben. Man wird im Resultate daher eine Correction aufzunehmen haben, welche sich aus der Größe des ersten und des letzten Schwingungsbogens der beobachteten Oscillationen ergibt. Ferner hat die Temperatur jedenfalls auf die Länge des Pendels einen Einfluß, und folglich auch auf die Dauer der Oscillationen. Je wärmer die Temperatur ist, desto länger ist das Pendel, und ändert sich im Laufe der Beobachtung die Temperatur, so wird das Resultat nicht auf ein unveränderlich gleich langes Pendel sich beziehen. Bei jeder Beobachtung wird daher auf die Temperatur Rücksicht zu nehmen sein, und werden auf die Temperatur bezügliche Correctionen vorgenommen werden müssen. Da drittens das Pendel in der Luft schwingt, so wird

jede Pendelbeobachtung verschieden ausfallen, je nach der verschiedenen Dichte der Luft, und so muß man bei derartigen Beobachtungen auch den Barometerstand beobachten, und da endlich die Intensität der Schwere mit der Erhebung über die Meeresoberfläche zunimmt, so werden vergleichbare Pendelmessungen verschiedener Punkte der Erdoberfläche nur dann zu erhalten sein, wenn bei jeder einzelnen Pendelbeobachtung auf die Erhebung des Ortes über die Meeresoberfläche Rücksicht genommen ist.

Die Correction wegen der Größe der Schwingungsbogen bringt Wats nach der Formel

$$n' = n + \frac{n\ (a + b)\ (a - b)}{241886{,}08\ \log.\ \frac{a}{b}}$$

an. In dieser Formel nämlich bedeutet n die Anzahl der Schwingungen, welche wirklich beobachtet worden sind, da der Bogen der ersten beobachteten Schwingung $= a$, der Bogen der letzten $= b$ war, n' die Anzahl der Schwingungen, welche gemacht worden wären, wenn alle Schwingungsbogen unendlich klein gewesen wären. Die Größe der Schwingungsbogen wird gewöhnlich an einem hinter dem schwingenden Pendel aufgestellten in Grade getheilten Bogen gemessen.

Die Correction wegen der Temperatur wird nur dann nöthig, wenn zur Zeit der Pendelschwingungen eine andere Temperatur herrscht, als zur Zeit, wo die Messung des Pendels geschieht. Ein in der Nähe des Pendels befindliches Thermometer gibt die Temperatur $= t$ während der Schwingungen und $= t'$ während der Messung. Bezeichnet D die Ausdehnung des Fadens für Einen Grad der Thermometerscale, (wie solche im Art. Ausdehnung angegeben), und ist l die gemessene, l' die corrigirte Länge, so läßt sich diese berechnen nach der Formel $l' = lD\ (t' - t)$. Wenn ferner die Normallänge des Maßstabes (denn auch dieser ändert seine Länge mit der Temperatur) für die Temperatur t'' bestimmt, und die Ausdehnung desselben für Ein Grad (nach seiner Substanz) $= D'$ ist, so muß die durch Messung auf dem Maßstabe gefundene Größe kleiner sein, wenn die Temperatur t'' höher als die ist, für welche die Normallänge des Maßstabes bestimmt ist, und man hat daher die Formel

$$l' = l\ (1 - D\ (t' - t) + D'\ (t' - t''))$$

Da gewöhnlich die Temperatur $t'' = 0°$ C ist, so reducirt sich die Formel auf $l' = l\ (1 - D\ (t' - t) + D't')$. Hier ist also l' diejenige Länge, welche das Pendel bei der Temperatur der Messung hat, wenn es auf dem Maßstabe bei $0°$ Temperatur des letzteren gemessen wäre. Die Länge des Pendels bei gleichfalls $0°$ Temperatur $= l''$ ist dann $l'' = l'\ (1 + Dt')$. Der am Pendelfaden hangende schwere Körper dehnt sich aber gleichfalls durch die Wärme aus, daher auch in Bezug auf diesen noch eine Correctur vorzunehmen ist. Bei dem Katerschen Pendel wird nur die Länge der Metallstange zwischen beiden Messerschneiden auf Temperatur corrigirt. Hat man aber eine

an einem Metallfaden schwingende Kugel, so sinkt der Schwerpunkt derselben proportional der Ausdehnung weiter herab. Hat man die ganze Länge des Pendels von dem untersten Punkte der Kugel bis an den Schwingungspunkt gemessen, und dafür die angegebene corrigirte Länge gefunden, ist der Halbmesser der Kugel $= r$ und die Ausdehnung der Substanz der Kugel für Ein Grad $= D''$ (bei der von Borda gebrauchten Platinkugel war $D'' = 0{,}00000865$ für 1° C.), so ist die corrigirte Länge des gebrauchten Pendels

$$= L = l'' - r\,(1 + D''t').$$

Was das Katersche Reversionspendel betrifft, so hat Sabine directe Versuche über die Ausdehnung eines derartigen Pendels bei verschiedenen Temperaturen angestellt, indem er die Temperatur des Beobachtungszimmers künstlich veränderte und die Schwingungen des nämlichen Pendels bei ungleicher Wärme zählte. Hierbei war es aber nicht wohl möglich, die künstliche Erwärmung lange genug unverändert zu erhalten, und zur Controlirung dieser ersteren Versuche verglich er daher andere im Winter angestellte Messungen mit solchen aus der Zeit des Sommers, fand die Resultate beider Versuchsreihen jedoch wenig von einander abweichend und erhielt als mittlern Werth 0,44 Schwingungen einer Temperaturveränderung von 1° F. zugehörig, wonach also die Correction leicht zu bewerkstelligen ist. Eine dieser Bestimmung sehr nahe kommende hatte Capt. Kater bereits früher durch directe Messung der Ausdehnung seines Pendels gefunden, nämlich 0,00000982 der ganzen Länge desselben für 1° F., welches einer Correction von 0,423 Schwingungen binnen 24 Stunden zugehört. Diese hinlänglich genau bestimmte Correction wird daher bei allen, im Ganzen sehr gleichförmig construirten, dem Längenbüreau in London zugehörigen Pendeln in Anwendung gebracht. Meistens pflegen jedoch die zu wichtigen Messungen verwandten Pendel auf die durch Sabine befolgte Weise geprüft zu werden, um bei ihnen als Individuen die erforderliche Correction aufzufinden. So geschah dieses unter andern mit dem auf der russischen Entdeckungsreise unter Capt. Lütke gebrauchten Katerschen Reversionspendel, welches bei den mittleren Temperaturen 31°,5 und 82°,5 F. geprüft wurde, wobei sich fand, daß seine Wärmecorrection 0,458 Schwingungen für 1° F. in 24 Stunden betrug. Die Abweichung von der durch Sabine gefundenen Größe leitet Lütke von größerer Weichheit der Messingstange ab.

Es wurde schon oben bemerkt, daß bei einem Pendel, welches aus einem Faden, an dem eine Kugel hängt, besteht, wie das Bordasche, der Schwingungsmittelpunkt berechnet werden müsse. Wenn eine schwere Kugel an einem nicht schweren Faden befestigt, pendelartig schwingt, so liegt nach den Regeln der Mechanik der Mittelpunkt ihrer Schwingung oder das centrum oscillationis unter ihrem Mittelpunkte, und zwar um eine Größe, welche $= \frac{2}{5}\frac{r^2}{L}$ beträgt, wenn r den Halbmesser der Kugel und L die Länge des Pendels von der Schwingungsaxe bis zum Mittelpunkte der Kugel bezeichnet, vorausgesetzt, daß die Kugel aus gleich-

artiger Masse besteht, und also überall gleiche Dichtigkeit hat. Darf man also bei einer Kugel aus einer specif. beträchtlich schweren Substanz das Gewicht des feinen Fadens, woran sie herabhängt, vernachlässigen, so ist hiernach die corrigirte Länge des Pendels durch Aufnahme dieser Correction in die mitgetheilte Formel

$$L' = l'' - r\,(1 + D''t') + \frac{2\,r^2}{5\,l''}$$

Bei genauen Untersuchungen darf man jedoch das Gewicht des Fadens nicht vernachlässigen. Es werde daher angenommen, daß sich über dem Aufhängepunkte des Pendels keine merklich große Masse desselben weiter befinde und also die Länge von diesem Punkte an bis ans Ende der Stange, also von c bis b (Fig. 25.) gemessen werden könne; es sei ferner das Gewicht des Fadens oder der dünnen Stange cb $= p$, das Gewicht des angehängten Körpers, dessen Mittelpunkt sich in k befindet, $= p'$, die ganze Länge des Pendels $cb = l$, die Länge bis an den Mittelpunkt k des schweren Körpers $= L$, so ist allgemein die corrigirte Länge des Pendels

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + L^2\,p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'};$$

also für eine Kugel mit Rücksicht auf die Lage des Mittelpunktes der Schwingung in derselben

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + (L^2 + \frac{2}{5}\,r^2)\,p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'};$$

für eine nicht sehr dicke kreisförmige Scheibe, deren Halbmesser gleichfalls durch r bezeichnet werden möge,

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + (L^2 + \frac{1}{4}\,r^2)\,p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'};$$

und für eine Linse vom Halbmesser des Flächendurchschnittes $= r$ und dem Halbmesser der Dicke $= r'$, welche sich also der Kugel um so mehr nähert, je näher $\frac{r'}{r}$ der Einheit kommt,

$$L' = \frac{\frac{1}{3}\,l^2\,p + \left(L^2 + \frac{r^2}{20}\left(8 - 3\,\frac{r'}{r}\right)\right)p'}{\frac{1}{2}\,lp + Lp'}.$$

Man sieht, daß die Corection ziemlich weitläuftig ist. Es wurde ausführlicher das Pendel von Borda, dessen sich auch Biot und Arago bedient haben, beschrieben. Bei diesem wurde die Länge des Pendels in Bezug auf die Entfernung des Schwingungsmittelpunktes vom mathematischen Centrum der Kugel auf folgende Weise corrigirt.

Es sei die Länge vom Aufhängepunkte bis zum Centrum der Kugel L

Halbmesser der Platinkugel bei 0° C. .... r
Gewicht der Kugel in Grammen .... m
Abstand der Aufhängungsaxe bis zum Anfange des Platinfadens .... b
Abstand des Schwerpunktes der Hülse, womit der Draht in der Kugel befestigt war, vom Mittelpunkte der Kugel .... d
Gewicht des Platinfadens in Grammen .... p
Gewicht der Hülse in Grammen .... u

so ist Q =

$$\frac{\frac{p}{6m}\left(L+b+r+\frac{2(br-r^2-b^2)}{L}\right)+\frac{n}{m}\left(d-\frac{d^2}{L}\right)+\frac{pr^2}{5mL^2}(L+b+r)+\frac{2nr^2}{5mL}\left(L-d\right)}{1+\frac{p}{2m}\left(1+\frac{b-r}{L}\right)+\frac{n}{m}\left(1-\frac{d}{L}\right)}$$

Die Länge des Pendels wäre diesemnach

$$L'' = l'' - r\,(1 + D''\,t') + \frac{2\,r^2}{5\,l''} - Q.$$

Weitläuftige mathematische Untersuchungen sind im Allgemeinen über den Widerstand der Mittel, in welchen ein Pendel schwingen kann (gewöhnlich Luft), angestellt worden. Da man das mathematische Pendel als schwingend im luftleeren Raume annimmt, so pflegt man bei sehr genauen Pendelbeobachtungen, die gefundene Pendellänge auf den leeren Raum zu reduciren. Bei kleinen Bogen und einem specifisch sehr schweren Körper ist indeß die Einwirkung des Luftwiderstandes nur gering.

Mit der Erhebung über die Meeresfläche nimmt die Schwere, unter deren Einflusse das Pendel schwingt, ab.

Nennt man den Halbmesser der Erde r, die Höhe des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel h, die bereits für die übrigen Bedingungen corrigirte Pendellänge L'', die auf die Meeresfläche zu reducirende Länge aber l'', so ist $l'' = L''\left(1 + \frac{2\,h}{r}\right)$.

Man kann übrigens die Genauigkeit in Bezug auf die Reduction des physischen auf das mathematische Pendel noch viel weiter treiben und Correctionen in dieser Beziehung anbringen. Die geognostische Beschaffenheit des Bodens, die Nähe von Bergen hat großen Einfluß auf die Pendelschwingungen, wie Sabine gefunden.

Wenn man ferner die Schneide, auf der das Pendel sich bewegt, auch noch so fein macht, so behält sie doch eine gewisse Dicke und das Pendel bewegt sich auf der Berührungslinie eines Cylinders, wovon die Schneide einen Theil ausmacht. Dieses erfordert eine sehr geringe Verkürzung. Wegen seiner Elasticität wird ferner der Stahl der Messerschneide durch das Gewicht des Pendels zusammengedrückt.

Die ausgebreiteste, bekannteste und wichtigste Anwendung hat man vom Pendel zur Regulirung des Ganges der Uhren gemacht. Hier ist mit dem Pendel ein Mechanismus verbunden, welcher ihm bei jeder Schwingung einen Impuls mittheilt, der genau so abgemessen ist, daß

durch ihn die Hindernisse, die sich der Pendelbewegung entgegenstellen, überwunden werden. Das Pendel schwingt daher fortwährend gleichmäßig und mißt durch die regelmäßige Wiederkehr seiner Schwingungen die Zeit, welche Zeitmessung dann durch einen geeigneten Mechanismus angezeigt wird. Die Uhrpendel pflegen gewöhnlich mittelst eines Stückes einer Uhrfeder aufgehangen zu werden, welches nach der Erfahrung der Astronomen für Uhrwerke vortheilhafter ist, als wenn man sie auf Messerschneiden aufhängt. Bei den Uhren sind wegen des fortwährend unveränderlichen Impulses, den das Pendel erfährt, die meisten der früher angezeigten Correctionen überflüssig. Nur die Wärme übt einen bedeutenden Einfluß auf den Gang der Uhren aus, weil sie, ohne sich abhalten zu lassen, die Länge des Pendels verändert. Da bei den Uhren eine ununterbrochene Bewegung, von welcher die Zeitmessung abhängt, stattfindet, so ist man bedacht gewesen, die Uhrpendel so einzurichten, daß die nöthige Correction wegen des Einflusses der Wärme fortwährend an ihnen selbst sich vollzöge, s. d. Art. Compensation.

Das Pendel ist ferner auch in der Musik zur Messung des Taktes und zur genauen Bestimmung des Zeitmaßes angewandt worden, in welchem die verschiedenen Tonstücke gehalten werden sollen. Ein derartiges Metronom, genanntes Instrument, hat Mälzel zuerst construirt und empfohlen. Ein gewöhnliches Pendel muß man um das vierfache verlängern, wann es noch einmal so lange Schwingungen machen soll. Hieraus sieht man, daß es nicht bequem wäre, mit einem solchen Pendel von veränderlicher Länge, die verschiedenen Zeitmaße zu bestimmen.

Hängt man hingegen eine kürzere Stange mit einer Linse so auf, daß noch ein Stück derselben über den Aufhängungspunkt hinausragt, und ist an diesem Endstücke ein kleines Gegengewicht verschiebbar, so wird dieses kurze Pendel um so langsamere Schwingungen machen, je höher das kleine Gegengewicht hinaufgerückt wird.

Das Metronom (vom griech. *μέτρον* das Maß und *νόμος* das Gesetz, also das Maß der gesetzlichen, richtigen Zeit) besteht aus einem schwarzen hölzernen Kasten in Form einer abgekürzten vierkantigen Pyramide A (Fig. 26.). Im obern Deckel derselben ruht in kleinen Pfannen die dünne metallene Axe, wovon die hölzerne Stange dP durchbohrt ist. Unten an dieser etwa 0,5 Z. breiten und 0,25 Z. dicken Stange ist eine Linse P befestigt, welche dieselbe pendelartig schwingen macht, an ihrem obern Ende ist das verschiebbare Bleigewicht p befindlich, dessen Werth wächst, so wie man es höher hinaufschiebt. Auf der Stange von c bis d sind Zahlen aufgetragen, auf welche das Gewicht p gestellt wird, und diese sind so abgemessen, daß sie zugleich die Menge der Schwingungen des Pendels in einer Minute angeben, wobei sich von selbst versteht, daß von diesem die größeren, die mit 160 anfangen, unten stehn, und die kleinern, die mit 30 endigen, am obern Theile der Stange. Ist dann irgend eine Composition auf die hiernach übliche Weise bezeichnet, z. B. 𝅗𝅥 = 36 Mälz. oder 𝅘𝅥 = 60 Mälz. oder 𝅘𝅥. = 70 Mälz., so heißt dieses, das richtige Tempo findet dann statt, wenn

die im bezeichneten Tonstücke vorkommenden Noten von dem ihnen eigenen Werthe so lange gehalten werden, als eine Schwingung des Pendels dauert, bei welcher das Bleigewicht auf die angegebene Zahl gestellt ist.

Ein anderes ähnliches Instrument ist der Taktmesser von Gottfr. Weber. — Dieser besteht aus einem bloßen Faden mit einer Bleikugel, kommt also dem einfachen Pendel sehr nahe und dient zur Taktmessung, dadurch, daß man bei ungleichen Längen des Fadens die Schwingungen der Kugel zählt. Zur größeren Bequemlichkeit des Messens ließe sich die Kugel an einem schmalen seidenen Bande befestigen, auf welches die erforderlichen, dem Metronom correspondirenden Längen durch Zahlen gedruckt werden könnten, und das man in einer Klemme durch Aufwärts- und Abwärtsziehen gehörig feststellte, um die erforderlichen Schwingungen zu erhalten, wie die Zeichnung dieses zu besserer Versinnlichung darstellt (Fig. 27.), worin p die schwingende Kugel und e die Klemme bezeichnet, die am Ende eines horizontalen Armes an einer verticalen Säule angebracht ist.*) Weber hat zu größerer Bequemlichkeit die Zahlen des Mälzelschen Metronoms auf die Längen des taktmessenden Pendels in rheinländischen Zollen, englischen Zollen und Metern reducirt, fängt aber erst mit der Zahl 50 an, weil für die niedrigern das Pendel zu lang werden würde, geht dagegen weit über die bis 160 reichende Grenze des Metronoms hieraus. Folgende Tabelle ist hieraus entstanden.

Met.	rheinl. Zolle	Meter	engl. Zolle	Met.	rheinl. Zolle	Meter	engl. Zolle
50	54,708	1,4298	56,340	100	13,677	0,3574	14,085
52	50,581	1,3220	52,090	104	12,645	0,3305	13,022
54	46,903	1,2258	48,302	108	11,725	0,3064	12,075
56	43,613	1,1399	44,914	112	10,903	0,2844	11,228
58	40,657	1,0626	41,870	116	10,164	0,2656	10,467
60	37,992	0,9929	39,125	120	9,498	0,2482	9,781
63	34,459	0,9006	35,487	126	8,615	0,2251	8,872
66	31,398	0,8205	32,334	132	7,848	0,2051	8,083
69	28,727	0,7508	29,584	138	7,181	0,1877	7,396
72	26,383	0,6895	27,170	144	6,595	0,1723	6,792
76	23,679	0,6188	24,385	152	5,918	0,1547	6,096
80	21,369	0,5585	22,007	160	5,342	0,1396	5,502
84	19,383	0,5065	19,961	168	4,845	0,1266	4,990
88	17,661	0,4615	18,188	176	4,415	0,1154	4,547
92	16,156	0,4225	16,638	184	4,039	0,1056	4,159
96	14,839	0,3878	15,283	192	3,709	0,0969	3,820

*) Die Figur zeigt den verticalen Durchschnitt einer 4,5 F. hohen Säule, an deren einer Seite Webers Taktmesser, an der andern Mälzels Metronom, welches jedoch aus einer feinen Messingstange und einer auf einer Messerschneide balancirten Linse besteht, dargestellt ist.

Besonders erwähnt muß noch werden das konische Pendel oder Centrifugalpendel, welches nicht wie das bisher betrachtete in einer Ebene, sondern in einer Kegelfläche sich bewegt, und dessen schwerer Körper mithin nicht verticale Bogen, sondern ganze horizontale Kreise beschreibt. Ist es ein schwerer Punkt, der an einem nicht langen und nicht schweren bei C (Fig. 28.) befestigten Faden CB gebunden ist, und sich in einer Kegelfläche mit kreisförmiger Basis BG bewegt, so hat man ein mathematisches konisches Pendel. Die Gesetze dieses Pendels sind:

1) Die Schwingungszeiten bei gleicher Länge der kon. Pendel stehen im umgekehrten Verhältnisse der Halbmesser der kreisförmigen Basis.

2) Die Schwingungszeiten bei gleicher Basis stehen im geraden Verhältnisse mit den Quadratwurzeln der Längen der konischen Pendel.

3) Verglichen mit dem gewöhnlichen Kreispendel ist die Schwingungsdauer eines einfachen konischen Pendels doppelt so groß als die eines eben so langen Kreispendels.

Bringt man über einem Kegelpendel das Secunden schlägt, eine horizontale Platte an, deren Umfang in 60 gleiche Theile getheilt ist, und setzt mit der Pendelstange einen Zeiger in Verbindung, welcher mit dem Pendel zugleich einen Umlauf macht, so wird dieser Zeiger Tertien anzeigen. Ist ein Mechanismus vorhanden, welcher es möglich macht, den Zeiger in jedem Augenblicke zu hemmen, ohne das Pendel in seinem Gange zu stören, und es eben so wieder augenblicklich mit demselben in Verbindung zu setzen, so dient dieser Apparat zum Messen kleiner Zeittheilchen. Auf einen lange anhaltenden, genau der mittleren Zeit entsprechenden Gang, wie man ihn von Kreispendeln fordert, wird man freilich beim konischen Pendel verzichten müssen, allein es ist immer möglich, denselben innerhalb kurzer Zeit so regelmäßig zu erhalten, daß man dadurch den Zweck, das Messen kurzer Zeittheilchen bis auf Tertien, vollkommen erreicht.

Eine der nützlichsten Anwendungen macht man vom konischen Pendel bei den Dampfmaschinen, als Regulator (lat., Ordner). — Nach der gewöhnlichen Einrichtung besteht dasselbe aus einer verticalen Spindel, welche um zwei Zapfen DD (Fig. 29.) durch eine um die Rolle W geschlungene endlose Schnur oder einen Riemen gedreht wird. Die beiden Kugeln B,B sind an zwei um einen Zapfen in einer verticalen Ebene beweglichen Stangen befestigt, deren kürzere Arme EF, EF zwei andere Arme FH, FH in Bewegung setzen und vermittelst derselben den Ring HH auf der verticalen Stange auf- und abwärts schieben. An diesem Ringe ist der eine Arm des um den Zapfen G beweglichen Hebels JK befestigt, dessen anderer Arm die zur Regulirung der Maschine dienende Stange trägt. Befindet sich der Regulator in Ruhe, so sinken die Kugeln in ihr Gewicht bis an die Stange herab, wird er aber zugleich mit den übrigen Maschinentheilen in Bewegung gesetzt, so entfernen sie sich durch die erzeugte Schwungkraft stets weiter von der Stange, je mehr die Geschwindigkeit der Umdrehung zunimmt.

Geht ihre Höhe über eine gewisse Grenze hinaus, so schließt bei den Dampfmaschinen die am Hebelarme K befestigte Stange das Dampfrohr, damit weniger Dampf zuströme, oder öffnet ein Ventil, um die Kraft des Dampfes zu mindern, oder verschließt der zum Feuer strömenden Luft den Zutritt, um die Hitze zu mindern, oder hängt endlich mehre zu betreibende Maschinentheile ein, um auch diese durch die genügend vorhandene Kraft arbeiten zu lassen.

Periode (v. d. griech. *περίοδος* Umlauf) heißt jeder Zeitraum, nach dessen Verlauf gewisse Erscheinungen sich wiederholen. Jeder Tag, jedes Jahr u. s. w. ist hiernach eine Periode. Vorzugsweise nennt man aber größere Zeiträume in der Chronologie Perioden. Die Julianische Periode (welche für uns allein noch von Wichtigkeit ist), umschließt die Zeit, nach deren Verlauf ein Jahr dieselbe Zahl des Sonnencyklus, des Mondcyklus und des Indictionencyklus (s. d. Art. Cyklus) wieder erhält; also $28 \times 19 \times 15 = 7980$ Jahre. Die 3 Zahlen, welche jedem einzelnen Jahre nach den 3 Cyklen zukommen, heißen die chronologischen Kennzeichen, und die zweite Julianische Periode wird also der ersten so entsprechen, daß die einzelnen Jahre derselben mit den ebensovielten der ersten J. Per. gleiche chronol. Kennzeichen haben. Unsere Geschichte umfaßt bekanntlich noch nicht Eine Jul. Periode. Das erste Jahr der Jul. Periode muß die Zahlen der Cyklen 1, 1, 1 haben. Hieraus läßt sich berechnen, daß das erste Jahr vor (der angenommenen) Geburt Christi, von welchem ab wir rechnen, das 4713. der Jul. Periode ist, und hiernach lassen sich alle Jahre jeder Zeitrechnung auf die Jul. Periode zurückführen. Joseph Scaliger hat diese Jul. Periode eingeführt, welche von allen Chronologen angenommen worden ist, und so eine früher nicht erreichbare Ordnung und Uebersichtlichkeit in die Chronologie gebracht hat.

Phosphor*) (v. d. griech. *φωσφόρος* Lichtträger), Kunkelscher oder Brandtscher Phosphor, Harnphosphor ein chemisch einfacher Stoff, welchen 1669 Brandt im Harn, und nachher Kunkel nochmals entdeckte. Er kommt häufig, gewöhnlich mit Sauerstoff verbunden vor, namentlich in thierischen Substanzen, in den Knochen, im Harn u. s. w. Derselbe ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, kommt an Härte und Zähigkeit dem Wachs gleich, ist von blaßgelblich weißer Farbe, Fettglanz und stark durchscheinend, hat ein specif. Gewicht $= 1{,}77$ und schmilzt bei 36° R. Aus seiner Lösung in Oelen krystallisirt er zum Theil in Nadeln und Blättchen, besonders aus seiner Lösung in Steinöl, so wie aus seiner Verbindung mit Schwefel, auch beim langsamen Erstarren großer Massen im Innern in regelmäßigen Oktaëdern und Rautendodekaëdern. Wenn man den geschmolzenen Phosphor in Wasser langsam erkalten läßt, so bleibt er oft bis

*) Phosphore heißen im Allgemeinen alle Substanzen, welche durch Bestrahlung u. s. w. selbstleuchtend werden, s. d. Art. Licht S. 328. ff.

zu einer Temperatur bis unter 12° R. noch flüssig; berührt man ihn aber dann mit einem festen Körper z. B. mit einem Eisendrahte, so erstarrt er plötzlich. Wenn man ihn im geschmolzenen Zustande mit Wasser oder Weingeist in einem verschloßenen Gefäße bis zum Erkalten schüttelt, so verwandelt er sich in einen feinen Staub, der zum pharmaceutisch-medicinischen Gebrauche dient. Erhitzt man den Phosphor bis zu 240° R., so siedet er und destillirt in verschloßenen Gefäßen vollständig in farblosen Dämpfen über. In atmosphärischer Luft, Stickgas, Kohlensäure u. a. Gasen, mit Ausnahme des Sauerstoffgases, verdampft der Phosphor schon bei gewöhnlicher Temperatur und bildet bei Gegenwart von sauerstoffhaltiger Luft weiße, im Dunkeln leuchtende, knoblauchartig riechende Dämpfe. Der feste Phosphor hat so wenig Geruch wie Geschmack, wird aber gelöster Phosphor auf die Zunge gebracht, so hat er einen widerlich scharfen Geschmack. Er ist löslich in Weingeist, Aether und Oelen, aber nicht in Wasser, weßwegen man ihn unter Wasser aufbewahrt. Er ist höchst brennbar und wirkt innerlich genommen giftig. Am Lichte verwandelt sich der Phosphor in eine braunrothe Substanz, welche etwas leichter als Phosphor und minder brennbar ist. Im luftleeren Raume, in allen Gasarten, welche den Phosphor nicht verändern, sogar unter Wasser geht diese Umgestaltung vor sich. Bei schneller Abkühlung des geschmolzenen Phosphors nimmt derselbe zuweilen eine schwarze Farbe an, doch läßt sich durch Umschmelzen und langsame Abkühlung die gewöhnliche gelbliche Farbe wieder herstellen.

Aus der leichten Verbrennlichkeit des Phosphors, so daß er schon unter 0° Temperatur langsam an der Luft verbrennt, folgt die nahe Verwandtschaft des Phosphors mit dem Sauerstoffe. Daher kommt es auch, daß er am Tage raucht und im Dunkeln leuchtet. Er entzündet sich aber an der freien Luft bei 60° R., so daß er mit heller gelbweißer Flamme brennt. In Sauerstoffgas brennt er mit blendend weißem Lichte. Auch durch Druck und Reibung wird er entzündet. Bestreut man ein Stückchen Phosphor mit Harz oder Schwefel, bringt es unter die Luftpumpe und exantlirt, so entzündet sich der Phosphor. Andere Substanzen wirken ähnlich. Durch Lampenruß und Thierkohle wird die Entzündung des Phosphors schon bei gewöhnlicher Temperatur bewirkt. Wegen dieser Entzündlichkeit benutzt man den Phosphor zur Herstellung von Feuerzeugen (s. d. Art. Feuerzeug S. 431.). Es sind 4 bis 5 Oxydationsstufen des Phosphors bekannt. Das rothe Phosphoroxyd besteht aus zinnoberrothen Flocken ohne Geschmack und Geruch, welche schwer schmelzbar, specif. schwerer als Wasser, in Wasser, Weingeist und Oelen unlöslich sind. Es entzündet sich unter Luftzutritt nur erst nahe an der Rothglühhitze, durch salpetrichte und Salpeter-Säure wird es aber heftig bis zur Entzündung angegriffen und Phosphorsäure gebildet. Auch in Chlorgas entzündet es sich leicht und mit chlorsaurem Kali zusammengebracht, verpufft es schon in einer sehr niedrigen Temperatur. — Die unterphosphorichte Säure wird als eine syrupdicke Flüssigkeit von beißend scharfsaurem Geschmack erhalten.

— Die phosphorichte Säure ist im wasserleeren Zustande ein weißes voluminöses flüchtiges Pulver von knoblauchartigem Geruch und stechend saurem Geschmack. — Die Unterphosphorsäure oder phosphorige Säure ist nur im wasserhaltigen Zustande bekannt, und stellt möglichst concentrirt eine dicke, klebrige, syrupartige Flüssigkeit dar, von schwach knoblauchartigem Geruche und sehr saurem Geschmacke. — Die Phosporsäure oder Knochensäure macht an Kalk gebunden die Hauptmasse der Knochen aus. Rein und wasserleer erhält man sie, wenn trockener Phosphor in einer mit Quecksilber gesperrten und mit trockener atmosphärischer Luft oder Sauerstoffgas gefüllten Glasglocke verbrannt wird. Dann bilden sich weiße Flocken die sich an das Glas anlegen, etwas schwer schmelzbar, ziemlich feuerbeständig, geruchlos und von sehr saurem Geschmacke sind. Diese trockene Phosphorsäure zieht unter Erwärmung sehr begierig Wasser aus der Luft an und bildet damit Phosphorsäurehydrat. Das möglichst entwässerte Hydrat ist eine farblos durchsichtige glasartige Masse von einem specif. Gew. = 2. Es schmilzt in schwacher Rothglühhitze uud verflüchtigt sich in schwacher Weißglühhitze ohne das Wasser fahren zu lassen, und gleicht übrigens der wasserleeren Säure. Eine eigenthümliche Modification erleidet die Phosphorsäure beim glühenden Schmelzen, und heißt dann Pyrophosphorsäure. Während nämlich die gewöhnliche Phosphorsäure Silbersolution und Eiweißstoff nicht fällt, schlägt die wässrige Lösung der Phosphorsäure Silbersolution weiß nieder und fällt Eiweißstoff aus seiner Lösung in Flocken. Allmählig verwandelt sich die Pyrophosphorsäure in gewöhnliche Phosphorsäure. Das trockene Phosphorsäurehydrat zieht auch aus der Luft Wasser an und zerfließt, es ist leicht löslich in Wasser und Weingeist. Aus der sehr concentrirten, wässerigen Lösung krystallisirt es in vier- und sechsseitigen Säulen, welche bei gelinder Wärme wieder flüssig werden. Mit Basen bildet die Phosphorsäure die phosphorsauren Salze, welche durch Glühen in pyrophosphorsaure Salze umgewandelt werden, die ein eigenthümliches chemisches Verhalten wie die Pyrophosphorsäure zeigen. — Mit Wasserstoff verbindet sich der Phosphor zu einem gelben, schwer schmelzbaren Pulver. Gasförmige Verbindungen beider Substanzen sind das selbstentzündliche und das nicht selbstentzündliche Phosphorwasserstoffgas. Jenes ist ein farbloses, wie faule Fische stinkendes Gas von 1,1846 specifi. Gewicht (gegen atmosphärische Luft = 1), welches sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft mit Explosion von selbst entzündet und mit heller Flamme brennt. Noch heftiger explodirt es mit Sauerstoffgas. Es selbst kann weder das Brennen noch das Leben unterhalten und wirkt daher tödlich. Das nicht selbstentzündliche Phosphorwasserstoffgas unterscheidet sich von dem vorigen nur dadurch, daß es sich nicht bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft enzündet. — Von den übrigen Verbindungen des Phosphors sind hier nur noch im Allgemeinen die Phosphormetalle zu erwähnen, welche fest, meistens spröde, zum Theil metallglänzend, unlöslich in Wasser sind. Sie werden beim Glühen unter Luftzutritt zerlegt, wo-

bei der Phosphor verbrennt. Die Verbindungen mit den leichten Metallen werden durch Wasser schnell zerlegt.

Physik (v. d. griech. φύσις Natur), Naturlehre ist die Wissenschaft von den in der Natur wirkenden Kräften, von den Gesetzen, nach denen sie wirken, von den Erscheinungen, in welchen jene Kräfte auftreten und von den Versuchen, in welchen man sie willkürlich zur Erscheinung bringt, endlich noch von den Apparaten und Instrumenten, welche sowohl zur Beobachtung jener in den Naturerscheinungen wirkenden Kräfte, als zur Ausführung der Versuche dienen. Da die Kräfte nicht für sich in der Natur auftreten, sondern durchaus nur in den Erscheinungen, so ist durch sie auch weiter nichts bezeichnet, als eine über die Sinne hinausgehende Gemeinschaftlichkeit unter den Erscheinungen selbst. Als Aufgabe der Physik kann daher mit Umgehung des unbestimmten, keine Vorstellung zulassenden Ausdruckes Kraft ausgesprochen werden: Beobachtung der Naturerscheinungen und Aufzeigen ihrer Verwandtschaft unter einander. Zu dem Zwecke müssen die Beobachtungen mit geschärften Sinnen, mit besonnener Vermeidung oder Berücksichtigung der Sinnentäuschungen angestellt und unter einander verglichen werden. Man sucht die einfachsten Erscheinungen, auf welche sich andere als zusammengesetztere zurückführen lassen, und denkt auf Mittel, Erscheinungen durch Apparate und Instrumente in einer Einfachheit darzustellen, in welcher sie in der Natur, wo die mannigfaltigsten Erscheinungen sich kreuzen, stören, modificiren, niemals vorkommen. Noch weiter als selbst durch Instrumente möglich ist, treibt man diese Vereinfachung in der Abstraction, indem man das Gleichmäßige der unter den verschiedensten Bedingungen beobachteten möglichst einfachen Erscheinungen festhält, und so kommt man zu den Gesetzen der Erscheinung. Diese drücken also aus: die Art und Weise, in welcher eine Erscheinung von angenommener größtmöglicher Einfachheit vor sich geht. Aus diesen einfachsten Erscheinungen werden nun die zusammengesetzteren und verwikelteren wirklich in der Natur vorkommenden Erscheinungen erklärt. Die Erklärung der Naturerscheinungen beruht mithin auf der Annahme gewisser einfacher Erscheinungen, und diese werden daher, in sofern sie als das eigentliche Wesen der Naturerscheinungen angesehen werden, Hypothesen (griech., Voraussetzungen) genannt. Es liegt in der Natur der Sache, daß jede Hypothese nur so weit zur Erklärung einer Naturerscheinung dienen kann, als in dieser jene einfachste Erscheinung enthalten ist, welche in der Hypothese auf abstracte Weise ausgesprochen ist. Wie sich unsere Kenntniß von den Naturerscheinungen erweitert, müssen sich die Hypothesen nothwendig ändern. Die Hypothesen verdrängen sich gegenseitig, und in der hieraus sich ergebenden Folge derselben überblickt man die Geschichte der allmäligen Erweiterung unserer Kenntnisse von der Natur. Veraltete Hypothesen haben aber auch nur dieses eine historische Interesse und können daher, wo es nicht auf eine Geschichte, sondern auf eine Darlegung des dermaligen Standpunktes der Wissenschaft ankommt, gänzlich übergangen werden, wie in diesem Werke geschehen. Ueberhaupt müssen die Hy-

pothesen für den Physiker keine bindende Kraft haben, indem er sich sonst selbst des freien Blickes in die Natur und des unbefangenen Fortschrittes in der Wissenschaft beraubt. Eine Erscheinung, die im offenbaren Widerspruch mit gültigen Hypothesen steht, darf durchaus nicht vernachlässigt werden, sondern ist ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung, um die Hypothesen darnach zu berichtigen. Denn die Natur irret niemals in der Befolgung ihrer ewigen Gesetze, wohl aber irren wir in der Erkenntniß derselben.

Die Physik hat zunächst die gesammte Körperwelt zum Gegenstande und unterscheidet zunächst gewisse allen Körpern gemeinschaftliche Eigenschaften, so wie eine durchgehende Verschiedenheit der Körper nach drei verschiedenen Zuständen, den Aggregationszuständen. Außerdem tritt noch eine eigenthümliche Verschiedenheit aller Körper auf, durch welche sie in ein eigenes Verhältniß gegen einander kommen. Theils verbinden sich die Körper unter einander zur Darstellung neuer Körper, theils geht ein Körper in verschiedene Körper auseinander. Die so vorgehenden Veränderungen sind wahre Umwandlungen, und das Wichtigste ist, daß diese Verbindungen und Ausscheidungen nach bestimmten Gesetzen geschehen, und daß jeder einzelne Körper wie einen bestimmten eigenthümlichen Inhalt, so auch eine mit diesem Inhalte unabänderlich verbundene Form hat. Diese zuletzt angedeutete Verschiedenheit aller Körper ist zum Gegenstande einer eigenen Wissenschaft, der Chemie, genommen worden. Die zweite allgemeine Erscheinung der Körperwelt, welche Gegenstand der eigentlichen Physik ist, ist die Bewegung, welcher die Ruhe entgegengesetzt ist. Da die Ruhe auf die Bewegung als Gleichgewicht sich bezieht, so handelt dieser Theil der Physik von dem Gleichgewicht und der Bewegung der Körper. Eine dritte allgemeine Naturerscheinung ist der Schall, eine vierte das Licht, eine fünfte die Wärme und eine sechste endlich der Magnetismus und die Elektricität. Die beiden letztern sind nämlich in neuester Zeit so eine von der andern abgeleitet worden, daß sie füglich zusammengefaßt werden müssen. Insofern man nun von den erlangten physikalischen Kenntnissen Anwendung macht, nicht nur die uns zunächst umgebende irdische Natur zu erkennen, sondern auch die Verhältnisse der Weltkörper zu bestimmen, ergibt sich als eine besondere physikalische Wissenschaft die physische Astronomie. Die Erde als Weltkörper nach ihrer allgemeinen Beschaffenheit, nach den Veränderungen die im Großen auf ihr vorgehen und nach den allgemeinen Verhältnissen der Hauptbestandtheile derselben und den sich daraus ergebenden großartigen Erscheinungen (z. B. der verschiedenen Klimate), ist Gegenstand der physischen Geographie. Eine dritte physikalische Wissenschaft: Die Meteorologie hat endlich die in der Atmosphäre der Erde auftretenden Naturerscheinungen speciell zum Gegenstande.

Da man bei Aufstellung der Gesetze, nach welchen die Naturerscheinungen vor sich gehen, auf Verhältnißbestimmungen kommt, welche mathematisch ausgedrückt werden können, so kann bei der Zurückführung der zusammengesetzteren Naturerscheinungen auf die einfacheren die Mathematik so in Anwendung kommen, daß diese auch als Rechnungsresul-

tate aus den bei den einfachen Erscheinungen auftretenden Verhältnissen abgeleitet oder auf dieselben zurückgeführt werden. Je complicirter eine Erscheinung ist, desto complicirter wird auch die Rechnung werden. Eine bestimmte Anwendung der erlangten physikalischen Kenntnisse bei Herstellung irgend eines Kunstwerkes, z. B. einer Maschine, wird nie möglich sein, ohne daß auf diese Weise die Mathematik zu Hilfe genommen werde. Die Erklärung der Naturerscheinungen kann aber der mathematischen Ableitung entbehren, sobald es eben nicht auf mathematische Schärfe ankommt, weil die einfachen Naturerscheinungen in den zusammengesetzteren schon für die Sinne hervortreten. Jedes durch Rechnung gefundene Resultat muß sich übrigens, wenn anders die Voraussetzungen richtig waren und nicht Wesentliches unbestimmt gelassen wurde, auch wieder durch die Erscheinung darstellen lassen. Die Mathematik wird in der Physik nie ganz entbehrt werden können, denn durch die Allgemeinheit der math. Ausdrucksweise, wird die Anwendung der Naturgesetze zur Erklärung der Erscheinungen unendlich vereinfacht. Ein Vortrag über Physik, welcher sich der Mathematik völlig enthält, ist daher nur möglich, wenn nur die einfachsten Phänomene erklärt werden, bei complicirteren wird sich ein solcher stets mit einer Andeutung der Beziehungen der Erscheinungen auf einander begnügen müssen. Die Ableitungsweise ist hier diese: daß gezeigt werde, wie durch Experimente, welche wir mit Hilfe der uns bekannten Naturgesetze ausgeführt werden, ähnliche Erscheinungen hervorgebracht werden, wie diejenigen sind, die im Großen und mannigfach unbestimmbar modificirt in der Natur auftreten. In dieser Weise verfahrend heißt die Physik: **Experimentalphysik.** Dieselbe hat vor der rein mathematischen den Vorzug, daß sie unabhängiger von den Hypothesen ist, weil, wenn die Hypothese falsch ist, das Mangelhafte derselben in der mathematischen Physik vollständig aufgenommen und ausgeführt wird, in der Experimentalphysik dagegen sich selbst aufhebt, weil die Natur immer es bleibt, welche unter unseren Händen eben so streng experimentirt, wie in den großen Naturerscheinungen selbst. Wir können die Experimente nicht nach unseren Hypothesen einrichten, sondern nur höchstens die Experimente eben so mißverstehen, wie die Natur selbst. Eine unbefangene Beschreibung eines Experimentes wird daher immer ihren Werth behalten, während die schwierigsten Berechnungen gestürzt sind, wenn ein Mangel der Voraussetzungen, auf die sie gegründet sind, nachgewiesen wird.

Was das vorliegende Werk betrifft, so macht es auf Vollständigkeit als Enkyklopädie der Experimentalphysik Anspruch, von der mathematischen Behandlung der Physik ist aber nur das leichtere und am wenigsten entbehrliche aufgenommen worden. Auch sind alle überflüssigen, durch den Fortschritt der Wissenschaft als mangelhaft erwiesenen Hypothesen vermieden worden. Die Hilfswissenschaften oder eigentlich diejenigen Wissenschaften, welche in der Physik ihre ursprüngliche Begründung haben, als Chemie,*) Chronologie, Physiologie sind nur so weit

*) Ueber die bei der Chemie befolgten Principien, s. noch insbesondere die Art. Chemie und Organische Körper.

aufgenommen worden, als sie in Rückwirkung auf die Physik stehen, damit dieses Lexicon aus sich selbst verstanden werden könne. Mit größerer Ausführlichkeit und möglichster Vollständigkeit sind dagegen die physische Geographie und Astronomie behandelt worden, als Wissenschaften, die wesentliche Theile der Physik ausmachen. — Nachstehendes Verzeichniß enthält die interessantesten noch jetzt bedeutungsvollsten Werke über Physik im Allgemeinen.

J. Chr. Polyk. Erxleben, Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1772. 1777. Mit Verbesserungen und vielen Zusätzen von Lichtenberg. Gött. 1781. 1787. 4791. 1794. Ins Dänische übers. von Olussen. Kopenh. 1790.

Eli Gamauf, Erinnerungen aus Lichtenbergs Vorlesungen über Erxlebens Anfangsgründe der Naturl. Wien 1811 und 1812. III. Th. 8.

W. J. G. Karsten, Anfangsgründe der Naturl. Halle 1780. 8. 2te Aufl. von F. A. C. Gren. 1790. 8.

Mayer, Anfangsgründe der Naturlehre. Gött. 1801. 1805. 1812. 1820. 1823. 6te Aufl. 1827. 8.

J. Weber, Vorlesungen aus der Naturlehre. Landsh. 1793. 8. Physik als Wissenschaft oder die Dynamik der gesammten Natur. Ebend. 1819. Physik als Wissenschaft in Sätzen. Ebend. 1820. 8.

Tib. Cavallo, ausführliches Handbuch der Experimentalnaturlehre in ihren reinen und angewandten Theilen. Uebers. mit Anmerk. von J. B. Trommsdorff. Erf. 1804 — 1806. IV. Th. 8.

G. U. A. Vieth, Anfangsgründe der Naturlehre. Leipz. 1797. 5te Aufl. 1823. 8.

F. A. C. Gren, Grundriß der Naturlehre zum Gebrauche akademischer Vorlesungen. Halle 1788. 8. 4te Aufl. von Karsten, 1801. 5te Aufl. von E. G. Fischer, 1808. 6te Aufl. von Kastner, 1820.

J. H. M. Poppe, Handbuch der Experimentalphysik. Leipz. 1797. 5te Aufl. 1823. 8.

R. J. Hauy, traité élémentaire de physique etc. 2me éd. Par. 1806. II. T. 8. 3me éd. 1821; deutsch von Weiß. Leipz. 1805. 8; von Blumhof. Weimar 1804. 8.

E. G. Fischer, Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. Berlin u. Leipz. 1805. II. Th. 8. 2te Aufl. 1819. 3te Aufl. Berlin 1827. Ins Franz. übers. von Biot. Paris 1806. 1812 und 1819.

— — mechanische Naturlehre im Auszuge für den höheren Schulunterricht. (Aeltere Ausg. vom Verfasser, neuere von August). Berlin 1829.

Fr. Kries, Lehrbuch der Physik für gelehrte Schulen. Jena 1806. 1808. 1816. 1821. 8.

C. W. G. Kastner, Grundriß der Experimentalphysik. Heidelberg 1809 und 10. 2te Aufl. 1820 und 21. II. Th. 8.

— — Grundzüge der Physik und Chemie u. s. w. Bonn 1821. 2te Aufl. Nürnb. 1831. 8.

J. P. Neumann, Lehrbuch der Physik. Wien 1818 u. 20. II. Th. 8. Neue Aufl. 1830 u. 35.

G. G. Schmidt, Handbuch der Naturlehre. 2te Aufl. Giesen 1813. II. Th.

8. Zum Gebrauche für Vorlesungen und zum eigenen Studium. Giessen 1826. I. Th. 8.

J. F. Fries, Lehrbuch der Naturlehre. Zum Gebrauch bei akadem. Vorlesungen. Jena 1826. 8.

J. H. Hellmuth, Volksnaturlehre zur Dämpfung des Aberglaubens. 5te Aufl. Braunsch. 1803.

J. H. M. Poppe, neue und ausführliche Volksnaturlehre. Tübingen 1825.

G. F. Parrot, Grundriß der theoretischen Physik, zum Gebrauche für Vorlesungen. Riga u. Leipz. 1809 — 15. III. Th. 8.

C. Hallaschka, Handbuch der Naturlehre. Prag 1824 u. 25, III. Th. 8.

G. W. Muncke, Anfangsgründe der Naturlehre. Heidelberg 1819 u. 20. II. Th. 8.

— — Handbuch der Naturlehre. Heidelberg 1829 u. 30. II. Th. 8.

— — die ersten Elemente der gesammten Naturlehre zum Gebrauche für höhere Schulen und Gymnasien. Heidelberg 1825. 1829. 3te Aufl. 1832. 8.

A. Baumgartner, die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande, mit Rücksicht auf mathematische Begründung dargestellt. Wien 1824. 8. 2te Aufl. 1826. 3te Aufl. 1829. 4te Aufl. 1832. 5te Aufl. 1835. Supplementband 1830 u. 31 in 3 Lieferungen.

A. F. Straus, Lehrbuch der besondern und angewandten Physik. Mainz 1824. 8.

H. A. Brettner, Leitfaden für den Unterricht in der Physik auf Gymnasien, Gewerbschulen und höheren Bürgerschulen. Breslau 1832. 8.

K. C. Schneider, Grundriß der Gewerb-Naturlehre oder technischen Physik. Cassel 1829. 8.

B. Gouilloud, Grundzüge der Physik, angewendet auf Künste und Gewerbe. Aus dem Franz. von L. H. A. Hoyer. Weimar 1828.

H. W. Brandes, Vorlesungen über die Naturlehre. Leipz. 1830 — 32. III. Th. 8.

J. B. Biot, Traité de physique expérimentale et mathématique. Par. 1816. IV. T. 8.

— — Précis élémentaire de physique expérimentale. Par. 1817. 3me éd. Par. 1824. II. T. 8. Deutsch von Wolf. Berlin 1819. Mit vielen Zusätzen von Fechner. Leipz. 1828 u. 29. V. Th. 8.

Desprez, Traité élémentaire de physique. Par. 1825. 2me éd. 1830. 8.

Pouillet, Élémens de physique expérimentale et de météorologie. Par. 1828. 2me éd. 1831. II. T. 8.

Gay-Lussac, Cours de physique; recueilli et publié par Gosselin. Par. 1827 u. 28.

J. S. T. Gehler, Physikalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre u. s. w. Leipz. 1787 — 95. VI. Th. 8. Der 5te ist ein Supplementband, der 6te enthält die Register. — Dass. neu bearbeit. von Brandes, Gmelin, Horner, Muncke, Pfaff; Bd. I. bis VIII. (bis S, fehlt M). Lpz. 1825 — 35.

J. C. Fischer, Physikalisches Wörterbuch, oder Erklärung der vornehmsten, zur Physik gehörigen Begriffe und Kunstwörter, sowohl nach atomistischer als auch nach dynamischer Lehrart betrachtet u. s. w. Gött. 1798 — 1804.

V. Th. 8. Th. VI. Supplementband, Th. VII. Register, Th. VIII.—X. Supplementbände 1823 — 27.

Journal der Physik von Gren. Leipz. 1790 — 93. VIII. Th. 8.

Dessen neues Journal der Physik. Leipz. 1795 — 97. IV. Th. 8.

Gilberts Annalen der Physik 1797 — 1808. XXX. Th. 8. Mit besonderem Titel als: Neue Folge. Leipz. 1809 — 24, zusammen LXXVI. Th. und 1 Th. Register. Fortgesetzt in: Annalen der Physik und Chemie; herausgegeben zu Berlin von J. C. Poggendorff. Wird fortgesetzt.

Neues allgemeines Journal der Chemie von Gehlen. 1803 — 5. VI. Th. 8. Fortsetzungen desselben sind:

1) Journal für die Chemie und Physik von Gehlen. 1806 — 10. IX. Th. 8.
2) Neues Journal für Chemie und Physik von Schweigger. Nürnberg 1811 — 30. LX. Th. 8.
3) Neues Lehrbuch der Chemie und Physik von Schweigger-Seidel. Halle 1831. Wird fortgesetzt.

K. W. G. Kastner, Archiv für die gesammte Naturl. Nürnb. 1824 — 29. XVIII. Th. Archiv für Chemie und Meteorologie 1830 ff. Wird fortgesetzt.

Froriep, Notizen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften und Heilkunde. Weimar 1821 ff. Jährl. II. Th. 4. Wird fortgesetzt.

Zeitschrift für Physik und Mathematik. Von A. Baumgartner und A. v. Ettingshausen. Wien 1826 ff. 8. Wird fortgesetzt als Zeitschrift für Physik u. s. w. von Baumgartner. Wien 1832 ff. (Bis jetzt X. Th. 8.)

G. Th. Fechner, Repertorium der Experimentalphysik. 3 Bde. Lpz. 1832. (Soll fortgesetzt werden).

J. Berzelius, Jahresbericht über die Fortschritte der phys. Wissensch., deutsch von Wöhler. Tübingen. (Geht fort).

Annales de Chimie cet. Par. 1789 — 1815. XCVI. T. 8. Fortges. in:

Annales de Chimie et de physique par Gay-Lussac et Arago. Par. 1816. Wird fortgesetzt.

Bulletin des Sciences mathématiques, physiques et chimiques. Publié sous la direction de M. le Baron de Ferussac. Par. 1823 — 1831. Jährl. XII. Hefte.

Pistole, elektrische, Knallpistole, Donnerbüchse ist ein, in Gestalt einer Pistole oder kleinen Kanone gebrachtes Gefäß, welches mit explodirender Luft gefüllt und mit einem Stöpsel verschlossen wird. Mittelst des elektrischen Funkens wird die Knallluft im Innern des Gefäßes entzündet, welche nun explodirt und mit einem starken Knalle den Kork heraus treibt. Fig. 30. stellt einen solchen Apparat vor. Das Gefäß ist ziemlich stark und gewöhnlich von Metall. Seitwärts ist am Boden eine Glasröhre eingekittet, welche einen Metalldraht enthält, der an seinen beiden Enden mit Metallkugeln versehen ist und dessen innere Kugel einer anderen kleinen Metallkugel in geringer Entfernung gegenüber steht. Hat man nur eine mit Wasserstoffgas gefüllte Flasche, so hält man die Donnerbüchse mit ihrer geöffneten Mündung einige Secunden über die geöffnete Wasserstoffgasflasche. Das Gas steigt in der Büchse auf und mischt sich mit der darin enthaltenen atmosphärischen Luft zu Knallgas. Hierauf treibt man den Korkstöpsel in die Oeffnung der Büchse, und läßt zwischen b und dem Deckel ei-

nes Elektrophors oder einer kleinen Leidner Flasche einen Funken überspringen; sogleich springt auch ein Funke zwischen den Kugeln im Innern des Gefäßes über und die Explosion erfolgt. Hat man zuviel Wasserstoffgas in das Gefäß gelassen, so detonirt es nicht, man nimmt dann den Stöpsel heraus und treibt durch einige Schläge mit flacher Hand auf die Mündung der Pistole einige atmosphärische Luft hinein, verkorkt wieder und wiederholt den Versuch. — Hierbei geschieht die Bereitung der Knallluft nur auf sehr oberflächliche Weise Man hat daher Apparate ausgedacht, bei welchen die Vermischung der atmosph. Luft mit dem Wasserstoffgas genau nach dem gehörigen Verhältnisse (5 : 2) vorgenommen werden kann, oder wo vorher bereitete Knallluft eingefüllt wird. Bei Versuchen in dieser Beziehung fand Ingenhouß daß die Dünste des Schwefeläthers der atmosph. Luft oder noch besser dem Sauerstoffgase beigemischt, eine noch weit stärker explodirende Luft gaben, als ein bloßes Gemisch von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas. Starke Instrumente wurden bei der Explosion zertrümmert, nicht ohne Gefahr für die Umstehenden. Pickel erfand daher eine eigene zum Geschwindschießen bequem eingerichtete Pistole, bei welcher auch um die Gefahr des Zersprengens zu verhüten, auf eine hinlängliche Dicke der Wände gehörige Rücksicht genommen war. Pfaff theilt folgende Beschreibung derselben mit. Ihr Körper ist cylindrisch, an einem Ende in eine Kugel ausgehend, und faßt 14 Cubikzoll Luft. Es paßt ein Stempel darein, durch dessen Stange ein Kanal der ganzen Länge nach durchgebohrt ist; ein Maßstab auf der Stange zeigt, wie viele Kubikzolle der durch die Zurückziehung entstandene Raum faßt. Der Kanal des Stempels hat einen Hahn und daran kann eine mit Knallluft gefüllte Blase geschraubt werden. Zieht man nun bei geöffnetem Hahne den Stempel zurück, so tritt so viel Knallluft, als der Maßstab anzeigt, aus der Blase in den Körper der Pistole. Durch die Seitenwand dieses Körpers ist ein Stück Messing eingeschraubt, durch welches ein Messingdraht in einer Glasröhre isolirt und auswendig in einen Knopf endigend, hindurchgeht. Dieses Drahtes inneres Ende biegt sich gegen das Metall der Pistole, darf aber dem Gange des Stempels nicht im Wege stehn, was nur bei einer bedeutenden Dicke der Wandungen der Pistole ausführbar ist. Ist der Körper der Pistole mit Knallluft gefüllt, so wird der Hahn geschlossen und der Knopf des Drahtes mit dem abgehobenen Deckel eines Elektrophors oder dem Knopfe einer geladenen Flasche berührt. Nach dem ersten Abfeuern wird der Stempel wieder hineingestoßen, eine neue Kugel oder ein Korkstöpsel vorgelegt, der Hahn geöffnet und der Körper der Pistole durch Zurückziehung des Stempels aufs neue geladen, worauf man den Hahn wieder schließt und zum zweitenmale abfeuert. So kann man in einer Minute 8 bis 10 Schüsse thun. Hat man in der Blase brennbare Luft, die man in einem gegebenen Verhältnisse mit gemeiner mischen will, so dient dazu der Maßstab. Der Stempel wird noch vor Einbringung der Kugel oder des Korkstöpsels bei geschlossenem Hahne bis auf den gehörigen Grad zurückgezogen, wodurch sich der nöthige Raum mit gemeiner Luft füllt. Verstopft man alsdann die Mündung der Pistole mit einem Stöpsel,

öffnet den Hahn und zieht den Stempel völlig zurück, so kommt der erforderliche Theil brennbarer Luft aus der Blase hinzu. Zur Abbrennung des Aetherdunstes mit atmosphärischer Luft oder mit Sauerstoffgas hat Ingenhouß im vordern konischen Theile des Stempels eine kleine durchlöcherte Kammer angebracht, in die ein Stückchen Schwamm, mit Hofmanns Liquor oder mit Schwefeläther getränkt, eingelegt wird. Durch diese Kammer muß die gemeine Luft oder das Sauerstoffgas, für welchen Fall man vorher eine damit gefüllte Blase an den hintern Hahn der Pistole angeschraubt hat, beim Zurückziehen des Stempels durchstreichen und nimmt dann den Dunst in sich auf. Nimmt man hierbei Sauerstoffgas, so wird der Knall dem Gehöre fast unerträglich und die Explosion so heftig, daß man von der Haltbarkeit der Pistole sehr gewiß versichert sein muß. Zur Entzündung dieser Art von Knallluft ist indessen ein etwas stärkerer Funken erforderlich, am besten aus einer kleinen, aber stark geladenen Leidner Flasche. Aus der Zeichnung (Fig. 31.) erhält man leicht eine Uebersicht der äußern Gestalt des Apparats, der innere Bau seiner Theile aber wird am besten aus der Darstellung des Durchschnittes (Fig. 32.) erkannt. Der Körper derselben ist ein starker Cylinder kk von gegossenem Messing oder Kanonenmetall, welcher vorn in einen Kegel endigt, der mittelst einer starken Schraube an dem Cylinder hält, übrigens aber auch angelöthet werden könnte. Die Mündung dieser Pistole ist sehr weit, damit man einen dicken Stöpsel einkeilen kann. Will man mit einer Kugel schießen, so schraubt man einen engern Lauf an. Der Stempel A läuft, um sich an den vordern Theil der Pistole genau anzulegen, in einen Kegel aus. Der walzenförmige Theil des Stempels, der an die inneren Wände der Pistole andrückt, ist mit einem gut ausgesuchten und genau nach der Höhle der Pistole gearbeiteten Korke versehen. Der vordere konische Theil des Stempels hat eine kleine Kammer oder Höhle, die man öffnen kann, wenn man die Platte, welche die Spitze des abgeschnittenen Kegels macht, abschraubt. Diese Kammer dient dazu, um einen mit Aether, Hofmannschen Tropfen oder einer andern leicht verdunstbaren brennbaren Flüssigkeit getränkten Schwamm aufzunehmen, und hat seitwärts eine kleine Oeffnung, durch welche die Luft und mit dieser die Dünste in die Höhle der Pistole übergehen können. Der Stempel A ist an der messingenen Stange oder Handhabe B befestigt, durch deren Mitte ein ziemlich weiter Kanal hinläuft, der auch im Stempel sich bis zu dessen vorderer Kammer fortsetzt. Dieser Kanal unterhält eine Gemeinschaft mit dem Hahne C, wenn dieser so gedreht ist, wie es die Figur zeigt; gibt mam ihm aber eine Viertelwendung, so ist die Gemeinschaft abgeschnitten. Das Stück Messing Q, versehn mit einem Hahne E und der aufgebundenen Blase F, kann auf eine Glocke aufgesteckt werden, um mit dem Gase in derselben die Blase zu füllen, welches demnächst nach Oeffnung des Hahns durch den Kanal in den Körper der Pistole strömt, wenn nach Schließung der Mündung und beim Zurückziehen des Stückes A ein leerer Raum darin entsteht. Mitten aus dem Raume im hohlen Cylinder erhebt sich ein Messingdraht, welcher oben mit einer Kugel N versehen ist und, um ihn zu isoliren,

mittelst Siegellacks in einer Glasröhre befestigt wird. Diese Glasröhre ist wieder in das Stück Messing P, das mit seiner Schraube in den hervorragenden Theil der Pistole O eingreift mittelst Siegellacks eingekittet. Dieser Messingdraht ist da, um den elektrischen Funken in die Pistole hineinzuleiten; er muß aber schon in der Höhle des hervorstehenden Theiles O endigen, damit er der freien Bewegung des Stempels nicht im Wege stehe.

Planeten (v. d. griech. πλανάω irren, daher eigentlich Irrsterne), Wandelsterne heißen diejenigen Sterne, welche unter den Gestirnen des Himmels keinen unveränderlichen Ort einnehmen, wodurch sie sich von den Fixsternen unterscheiden. Man erblickt sie in der Nähe bald des einen, bald eines andern Fixsternes. Die Alten, welche allein an dieser Bezeichnung der Planeten festhielten, nannten auch die Sonne und den Mond Planeten. Jetzt bezeichnet man mit diesem Namen nur diejenigen Weltkörper, welche in elliptischen Bahnen um die Sonne, die in dem einen Brennpunkte dieser Bahnen steht, sich herum bewegen. Man weiß, daß die Bewegung der Sonne nur scheinbar ist, indem sie in Wahrheit ein Fixstern ist, und daß der Mond um die Erde und nur erst mit dieser um die Sonne sich herum bewegt. Solche Begleiter oder Monde haben auch andere Planeten, und man nennt sie zum Unterschiede von diesen Nebenplaneten, (s. d. Art.). Die Gesammtheit aller um die Sonne sich herum bewegenden Haupt- und Nebenplaneten heißt das Planetensystem, oder mit dem Fixsterne, um welchen sie sich bewegen, das Sonnensystem. Die Erde ist einer der Hauptplaneten, und mit dieser kennen wir überhaupt 11 Planeten, welche sich außer durch ihre Bewegung auch noch durch ihr matteres Licht unter den Gestirnen des Himmels auszeichnen, so wie dadurch, daß sie durch Fernrohre betrachtet, einen meßbaren Durchmesser zeigen, wogegen die Fixsterne sämmtlich, mit Ausnahme der Sonne, auch vor den schärfsten Fernrohren nur als Punkte erscheinen. Man hat den Planeten eigene Namen und Zeichen gegeben, und hiernach sind sie nach der Reihenfolge, in welcher sie von der Sonne abstehen, folgende:

Merkur (Zeich. ☿), welcher schon den Alten bekannt war.

Venus (Zeich. ♀), welche schon den Alten bekannt war.

Erde (Zeich. ♁).

Mars (Zeich. ♂), welcher schon den Alten bekannt war.

Vesta (Zeich. ⚶), welche den 29. März 1807 von Olbers entdeckt wurde.

Juno (Zeich. ⚵), welche den 1. Septbr. 1804 von Harding entdeckt wurde.

Ceres (Zeich. ⚳), welche am 1. Jan. 1801 von Piazzi entdeckt wurde.

Pallas (Zeich. ⚴), welche am 28. März 1802 von Olbers entdeckt wurde.

Jupiter (Zeich. ♃), welcher schon den Alten bekannt war.

Saturn (Zeich. ♄), welcher schon den Alten bekannt war.

Uranus (Zeich. ♅), welcher am 13. März 1781 von Herschel entdeckt wurde.

Zum Planetensysteme gehören nun noch der eine Mond der Erde, die 4 Monde des Jupiter, die 6 Monden des Uranus und die 7 Monde des Saturn, so wie der Doppelring dieses Planeten.

Was die Bewegung der Planeten betrifft, so bemerkt man im Allgemeinen, daß dieselben, wie die Sonne und der Mond, außer der täglichen scheinbaren Bewegung, die sie mit den Fixstirnen gemein haben, unter den Fixsternen gegen Osten fortrücken. Diese Bewegung ist aber minder regelmäßig, als bei Sonne und Mond, und zuweilen geht sie sogar in eine entgegengesetzte Bewegung nach Westen über, zuweilen endlich scheint eine völlige Unterbrechung dieser Bewegung, ein völliger Stillstand der Planeten einzutreten. Die Wechsel in der Bewegung der Planeten sind aber, wie aufmerksame Beobachtung zeigt, regelmäßig wiederkehrend, und zeigen sich von dem Stande der Planeten abhängig, oder was dasselbe, von dem Winkel, welchen die Gesichtslinien von unserm Auge nach der Sonne und nach den Planeten unter sich bilden. Die nach Osten gerichtete Bewegung heißt die directe oder rechtläufige, die nach Westen gerichtete die retrograde oder rückläufige, und ein Planet, der eine Zeit lang seine Stellung gegen die Fixsterne nicht verändert, heißt stationär oder stillstehend.

Untere Planeten heißen diejenigen Planeten, welche der Sonne näher als die Erde stehen. Sie sind Merkur und Venus. Obere Planeten dagegen heißen die 8 übrigen, welche von der Sonne weiter als die Erde entfernt sind. Die untern Planeten unterscheiden sich in Bezug auf ihre scheinbare Bewegung von den obern Planeten. Jene nämlich entfernen sich scheinbar niemals weit von der Sonne, während diese am Himmel in alle mögliche Entfernungen von der Sonne zu stehen kommen. Wenn die unteren Planeten der Sonne am nächsten stehen und ihre Scheibe ganz beleuchtet, wie der Mond im Vollichte und zugleich am kleinsten erscheint, so ist ihre directe Bewegung zugleich am schnellsten, oder sie entfernen sich am geschwindesten von der Sonne gegen Ost. Wenn auf diese Weise Merkur nahe 23 Gr. östlich von der Sonne sich entfernt hat, kommt er wieder zu ihr zurück, obschon seine Bewegung gegen die Fixsterne noch immer direct, aber auch schon sehr langsam geworden ist. Wenn er auf diesem Gange zur Sonne etwa 18 Gr. von ihr absteht, verschwindet seine Bewegung gänzlich und er wird stationär. Bald darauf nimmt er eine retrograde Bewegung an, die immer geschwinder wird, und mit welcher er sich der Sonne noch weiter nähert, bis er sie endlich erreicht, und da er jetzt in ihren Strahlen schwimmt, für uns ganz unsichtbar wird. Während dieser ganzen Periode hat seine scheinbare Größe immer zugenommen, aber von seiner

Scheibe ist nach und nach immer ein kleinerer Theil auf der westlichen oder der Sonne zugekehrten Seite beleuchtet, wie wir dieß bei dem abnehmenden Monde bemerken, bis sie endlich am Ende dieser Periode, wie der Mond im Neulichte gänzlich verschwindet. Wenn er so zum zweitenmale in die Nähe der Sonne gekommen ist, so ist seine retrograde Bewegung am schnellsten. Bald darauf entfernt er sich mit einer immer schwächer werdenden Geschwindigkeit auf der Westseite von der Sonne, bis er in der westlichen Entfernung von 18° wieder eine Zeitlang stillsteht. Wenn er dann mit einer allmählig schneller werdenden directen Bewegung sich bis 23° von der Sonne entfernt hat, fängt er an sich ihr zu nähern, und kommt endlich, wenn seine directe Bewegung am größten ist, wieder bei ihr, d. h. wieder in dem Punkte an, von welchem er im Anfange der ersten Periode ausgegangen ist, um fortan dieselben Erscheinungen in der aufgezählten Ordnung zu wiederholen. Während dieser zweiten Periode hat seine scheinbare Größe immer abgenommen, aber seine östliche, d. h. seine der Sonne zugewendete Seite wurde wie der zunehmende Mond immer mehr und mehr beleuchtet, während die westliche Seite dunkel blieb, bis sie endlich am Ende der zweiten Periode wie der Mond im Vollicht glänzend beleuchtet ist. Die Dauer jeder dieser zwei Perioden ist nahe 58 Tage, also die Zeit, welche den ganzen Wechsel dieser Erscheinungen umfaßt, 16 Tage; die Zeit aber, während welcher Merkur eine retrograde Bewegung hat, beträgt 17½ Tage und der Bogen, den er während dieser rückläufigen Bewegung beschreibt, ist nahe 12½ Grad. — Ganz ähnliche Erscheinungen bietet auch die Venus dar, nur sind die so eben für Merkur angeführten Zahlen bei diesem Planeten durchaus etwas größer. Seine größte Ausweichung von der Sonne beträgt 46½ Grad, während die Ausweichung zur Zeit des östl. und westl. Stillstandes 28 Grad hat. Die Zeit einer jeden der zwei Perioden der Venus beträgt 291, also die des ganzen Wechsels der Erscheinungen 582 Tage, und die Zeit ihres Rückgangs 41 Tage, so wie endlich der Bogen ihres Rückganges nahe 16 Grade umfaßt. Beide Planeten endlich stehen während der Zeit ihrer ersten Periode östlich von der Sonne, gehen also als Abendsterne nach der Sonne unter, während sie in der zweiten Periode der Sonne westlich stehen, oder als Morgenstern vor ihr auf und unter gehen. — Anders sind diese Erscheinungen bei den sogenannten oberen Planeten; Mars z. B. hat, so wie jene, seine größte östl. Bewegung und zugleich seine kleinsten Durchmesser zu der Zeit, wo er uns ganz nahe bei der Sonne erscheint. Aber diese Geschwindigkeit nimmt mit der östl. Entfernung von der Sonne immer ab, und verschwindet endlich in der Entfernung von 137 Grad, wo er unter den Fixsternen eine kurze Zeit still zu stehen scheint, und bald darauf mit einer immer schneller werdenden retrograden Geschwindigkeit noch weiter von der Sonne sich entfernt. Wenn er der Sonne gerade gegenüber kömmt, oder um Mitternacht durch den Meridian geht, ist seine retrograde Bewegung, so wie auch sein scheinbarer Durchmesser, am größten. Von diesem Punkte nimmt seine Geschwindigkeit allmählig ab, bis sie in der Entfernung von 137° auf der Westseite der Sonne wie-

der verschwindet, und der Planet daher wieder stationär wird. Bald darauf nimmt er seine östl. oder directe Bewegung wieder an, und nähert sich mit einer immer größeren Geschwindigkeit wieder der Sonne, die er endlich mit seiner größten directen Bewegung und mit seinem kleinsten scheinbaren Durchmesser erreicht, um von ihr aus wieder eine neue Periode derselben Erscheinungen zu beginnen. Die Dauer und Größe dieser einzelnen Phänomene für die einzelnen oberen Planeten enthält die folgende kleine Tafel:

	Dauer der ganzen Periode	Ausweichung v. d. Sonne beim Stillstande	Bogen des Rückgangs	Dauer des Rückgangs
Mars	780,4 Tage	137 Grade	14 Grade	70 Tage
Jupiter	398,8	117	10	119
Saturn	378,0	108	7	136
Uranus	369,7	102	4	150

Uebrigens sind diese Zahlen nur die mittleren von denjenigen, die man in der That beobachtet, und diese letzteren sind oft nicht unbeträchtlich von jenen verschieden. So verändert sich die Ausweichung des Mars bei seinem Stillstande von 129 bis 147 Grad, und die Dauer seines Rückganges von 60 bis 80 Tagen, und ähnliche Variationen hat man bei allen übrigen Planeten bemerkt. — Bisher haben wir nur die Bewegung der Planeten in ihrer Länge betrachtet, und sie ist, wie man sieht, bereits nicht wenig verwickelt. Allein noch viel verwickelter wird sie, wenn man, wie man soll, zugleich auch auf die Veränderungen ihrer Breite Rücksicht nimmt.*)

*) Um dieß durch ein Beispiel zu zeigen, theilt Littrow (aus dessen „Wunder des Himmels, Stuttg. 1834" diese Beschreibung des scheinbaren Laufes der Planeten entnommen ist) die kleine Charte (Fig. 33.) mit, welche für die Monate Februar bis September des Jahres 1835 den Lauf der Sonne sowohl, als auch den des Merkurs, wie er von der Erde in Beziehung auf den Aequator erscheint, zeigt. Die gerade Linie oo stellt den Aequator vor, auf welchem die Rectascensionen in Stunden I. II. III. genommen sind, deren jede 15 Grade enthält, und senkrecht darauf stehen die in Grade getheilten Declinationskreise. Der Lauf der Sonne ist durch die krumme Linie ABC.. F und der des Merkurs durch abc.. f vorgestellt, so daß die Zeichen A und a den Ort der Sonne und des Merkurs für den 1. März, B und b für den 1. April, C und c für den 1. Mai .... und F und f für den 1. August des Jahres 1835 angeben. So ist z. B. für die Punkte C und c oder für den 1. Mai die Rectascension der Sonne 2h 30′ und die des Merkurs 1h 25′; die nördliche Declination der Sonne aber 15° und die von Merkur 6°. Schon der erste Blick auf diese Charte zeigt die große Unregelmäßigkeit des Laufes der Planeten, während die Bahn

Alle diese scheinbaren Unregelmäßigkeiten in dem Gange der Planeten erklären sich aus den verschiedenen Stellungen, die sie, (welche wie die Erde sich um die Sonne bewegen,) von der Erde aus betrachtet gegen Sonne und Fixsterne nothwendig annehmen müssen. Dieser Grund geht schon aus der Periode, regelmäßigen Wiederholung, der scheinbar so verwickelten Erscheinungen hervor. Das Rückgehen der Planeten, wobei sie scheinbar eine Schlinge in ihrer Bahn machen, geht stets in der

---

der Sonne als ein einfacher größter Kreis des Himmels erscheint. Im Allgemeinen geht zwar auch Merkur von West gegen Ost, indem er die in derselben Richtung fortschreitende Sonne bald in geringer, bald in einer größern Entfernung begleitet, aber diese directe Bewegung des Planeten wird selbst in dieser kurzen Zeit mehr als einmal unterbrochen. So erscheint er in Rectascension stationär am 1. März oder in dem Punkte a, wo die Richtung seiner Bahn senkrecht auf dem Aequator ist, und dasselbe ist der Fall am 24. März, am 4. Jul. und am 29. Jul., und seine Bewegung ist daher retrograd vom 1. bis 25. März durch einen Bogen von 11,5 Grad, und vom 4. bis 28. Jul. durch einen Bogen von 11,0 Grad. Nicht geringeren Veränderungen ist auch die Deklination dieses Planeten unterworfen. Im Anfange des Jahres 1835 war seine südliche Deklination am größten, und nahm von da ab, bis Merkur am 26. Febr. durch den Aequator ging. Dann wächst die nördliche Deklination, aber nur bis zu einem Grad am 4. März, wo sie stationär ist, weil dann die Bahn des Planeten eine gegen den Aequator parallele Lage annimmt. Bald darauf nimmt diese ohnehin nur kleine nördliche Deklination wieder ab, bis Merkur am 10. März zum zweiten Male durch den Aequator geht, und seine südliche Deklination bis zum 29. März wächst, wo sie wieder am größten und stationär ist. Darauf nähert er sich wieder dem Aequator, den er am 21. April zum dritten Male schneidet. Von diesem Punkte an wächst die nördliche Deklination durch längere Zeit bis zum 4. Jun., wo sie ihren größten Werth von 26° erhält, und von da wieder abnimmt, bis sie am 14. Jul. ihren kleinsten Werth von 16° hat, und stationär wird. Von diesem Punkte an wächst die Deklination wieder, bis sie am 8. Aug. neuerdings ihren größten Werth von 20° erhält, einige Zeit durch stationär ist, und dann allmählig wieder kleiner wird, indem der Planet sich dem Aequator nähert, um ihn erst am 14. Septbr. zu erreichen. Am 22. Febr. und am 19. Jun. hat Merkur seine größte östliche, und am 7. April und 5. Aug. seine größte westliche Ausweichung von der Sonne. Im Gegentheile steht er am 14. März, 17. Mai, 16. Jul. und 29. Aug. der Sonne am nächsten, doch mit dem Unterschiede, daß sein Durchmesser am 14. März und 16. Jul. am größten, aber beinahe ganz unbeleuchtet, am 17. Mai und 28. Aug. aber am kleinsten, und ganz vollbeleuchtet erscheint. Auch steht Merkur vom 11. Febr. bis 14. März, so wie vom 17. Mai bis 16. Jul. östlich von der Sonne, und geht daher erst in den Nachmittagsstunden durch den Meridian, während er vom 14. März bis 17. Mai, und vom 16. Jul. bis 29. Aug. westlich von der Sonne steht, und in den Morgenstunden culminirt.

Nähe seines Stillstandes vor und um die Zeit, wo der Planet entweder bei der Sonne oder für die oberen Planeten ihr gerade gegenübersteht, und wo der Durchmesser des Planeten am größten erscheint, d. h. wann er der Erde am nächsten ist. Zwar verändern sich die Orte am Himmel, wo diese Erscheinungen stattfinden, alljährlich, aber die Stellung der Planeten gegen die Sonne zu jenen Zeiten ist stets dieselbe, und die Zeiten, welche von einer Zurückkunft des Planeten bis zur nächsten vergehen, bleiben sich gleich, wenigstens läßt sich eine mittlere Größe angeben, von der sie unbedeutend abweichen. Diese Revolutionen (Umwälzungen) der Planeten in Beziehung auf die Sonne werden synodische Umläufe genannt. Die synod. Revolution des Merkur ist 115,87 Tage, der Venus 583,92, des Mars 779,88, der Vesta 505,0, der Juno 474,0, der Pallas und Ceres 466,5, des Jupiter 398,8, des Saturn 378,0 und des Uranus 369,7 Tage. Durch diese Revolutionen werden die Erscheinungen des Stillstandes und des Vor- und Rückwärtsgehens der Planeten gleichsam regulirt, so daß dieselben während jeder synod. Revolution periodisch wiederkehren.

Die Abhängigkeit der erwähnten Erscheinungen von der Sonne zeigt sich noch deutlicher beim Durchgange der Planeten durch die Ekliptik.*) Um den Augenblick, wo genau dieser Durchgang stattfindet zu bestimmen, beobachtet man um die Zeit, wo sich ein Planet in der Nähe der Ekliptik befindet täglich die Rectascension und Deklination desselben und berechnet hiernach seine Länge und Breite. Dann findet man 2 Tage, von welchen an dem einen der Planet nördlich von der Ekliptik, an dem andern hingegen südlich von derselben steht. Hieraus und aus der täglichen Aenderung der Breite findet man durch eine einfache Proportion die Zeit, wann die Breite verschwindet, d. h. wann der Planet durch die Ekliptik geht. Aus der Vergleichung der Zeiten dieser Durchgänge, findet man dieselbe mittlere Zeit zwischen zwei nächstgelegenen Durchgängen jedes Planeten durch die Ekliptik, der Planet mag bei diesen Durchgängen nun direct oder retrograd schneller oder langsamer sich bewegen. Die Zeit, welche zwischen zwei nächsten Durchgängen eines Planeten durch denselben Knoten vergeht, ist offenbar die Zeit eines ganzen Umlaufes des Planeten um die Sonne, denn jene Punkte des Durchgangs müssen, von der Sonne aus gesehen, dieselben, wie von der Erde aus gesehen sein, weil in dem Augenblicke, wo er stattfindet, Sonne, Erde und Planet in derselben Ebene der Ekliptik liegen. Ein solcher Umlauf heißt auch eine siderische (v. d. lat. sidus Stern) Revolution, weil nach Verlauf derselben der Planet wieder bei demselben Fixsterne gesehen wird, wie zu Anfang derselben. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Knoten selbst seine Stellung nicht verändere, welches ziemlich nahe der Fall ist.

Man hat sich im Alterthume vielfach Mühe gegeben und Hypothesen ersonnen, um die scheinbare Bewegung der Himmelskörper zu erklären, konnte aber zu einem richtigen Resultate nicht kommen, weil man immer die Erde als feststehend in der Mitte des Planetensystems

---

*) Vergl. d. Art. Knoten.

annahm. Zwar hat es auch schon unter den Alten einzelne Männer gegeben, welche das richtige Verhältniß der Erde gegen die Sonne aussprachen, indeß wurde ihre Ansicht nicht wissenschaftlich ausgebildet und blieb unbeachtet. Kopernicus gab 1543 ein Werk heraus, welches die Grundlage desjenigen Planetensystems bildet, welches sich seitdem durch alle astronomischen Beobachtungen und Berechnungen auf das glänzendste bestätigt hat. Aus diesem lassen sich mit Leichtigkeit die sonderbaren Bewegungen der Planeten ableiten. Littrow gibt folgende Erläuterung. Sei S (Fig. 34.) der Mittelpunkt der Sonne und zugleich der Mittelpunkt der beiden Kreise I., II., III.... und 1, 2, 3.... in deren erstem sich die Erde, und in dem zweiten irgend ein oberer Planet um die Sonne gleichförmig gegen Osten und so bewegen soll, daß für dieselben Augenblicke, wo die Erde in dem Punkte I oder II... ist, der Planet den Punkt 1 oder 2.... seiner Bahn einnehme. Wenn die Erde bald nach der Conjunction des Planeten mit der Sonne in I. ist, so sieht sie den Planeten 1 in der Sphäre des Himmels bei dem Punkte 1′ und die scheinbare directe Bewegung des Planeten erscheint hier sehr groß, weil sie die Summe der zwei wahren Bewegungen des Planeten und der Erde ist, von denen jene gegen die linke, diese aber gegen die rechte Seite gerichtet ist, so daß also hier die Bewegung des Planeten durch die ganze Bewegung der Erde vergrößert erscheint. Kommt in einiger Zeit darauf die Erde nach II und der Planet in seiner Bahn nach 2, oder in die erste Quadratur, so daß der Winkel S II 2 ein rechter wird, so sind jetzt die Richtungen der beiden wahren Bewegungen der Erde und des Planeten, nicht mehr einander gerade entgegengesetzt, wie in der Conjunction; der Winkel, den sie mit einander bilden, ist vielmehr immer kleiner, und jetzt zu einem rechten Winkel geworden. Die Richtung der Erde geht jetzt gerade auf den Planeten zu und die scheinbare Bewegung des Planeten wird jetzt durch die Nähe der Erde weder vergrößert noch verkleinert, oder die scheinbare noch immer directe Bewegung des Planeten wird hier gleich seiner wahren sein und der Planet 2 wird, von der Erde gesehen, am Himmel in dem Punkte 2′, viel weiter gen Osten als in der Conjunction erscheinen. Nach der Quadratur aber fängt die Bewegung der Erde an sich immer mehr gegen die linke Seite oder nach Ost zu krümmen, die Richtung ihrer Bewegung kommt derjenigen des Planeten immer näher; sie gehen beide in der That immer mehr nach Einer Seite und die scheinbare Bewegung des Planeten wird also jetzt durch die Bewegung der Erde immer mehr verkleinert werden. Zur Zeit der Opposition, wo die Erde in III und der Planet in 3 der Sonne gegenüber ist, werden die beiden wahren Bewegungen genau nach derselben Seite, beide senkrecht auf die Gesichtslinie S III 3 und gegen Osten gerichtet sein, und da die wahre Bewegung der Erde, als des der Sonne näheren Planeten, größer ist, als die des Planeten, so wird hier die scheinbare Bewegung des Planeten retrograd und zwar am schnellsten retrograd sein, daher auch der Planet von der Erde gesehen in 3′ stark westlich hinter 2′ zurückgerückt erscheint. Es muß daher irgendwo zwischen II und III, zwischen der ersten Quadratur und der Opposition einen Augenblick ge-

geben haben, wo die beiden, nach derselben Seite gerichteten wahren Bewegungen der Erde und des Planeten gleich groß waren, und das war der Augenblick des Stillstandes, wo der Planet von der Erde gesehen, sich am Himmel gar nicht zu bewegen schien. — Nach der Opposition fängt die Bewegung der Erde an, sich wieder allmählig von der des Planeten wegzukrümmen, wodurch die scheinbar retrograde Bewegung des Planeten immer mehr verringert wird, bis endlich wieder beide wahre Bewegungen einander aufheben und der Planet von der Erde gesehen, zum zweitenmale stillsteht. Von da wird seine scheinbare Bewegung wieder direct und immer größer. Zur Zeit der zweiten Quadratur, wo die Erde in IV und der Planet in 4 ist, erscheint der letzte in 4′ etwas weiter gegen Osten vorgerückt, und hier ist wieder wie in der ersten Quadratur seine scheinbare Bewegung gleich der wahren, weil die der Erde, die gerade auf den Planeten gerichtet ist, keinen Einfluß auf sie äußern kann. Nach dieser Quadratur wächst die directe scheinbare Bewegung noch mehr, daher er auch, wenn die Erde in V und der Planet in 5 ist, noch weiter gen Osten in 5′ vorgerückt erscheint, bis er endlich wieder, wenn die Erde in der Mitte der von dem Planeten abgewendeten Hälfte ihrer Bahn oder in der Conjunction ist, die größte scheinbare directe Bewegung erhält, und von da eine zweite, der oben angeführten ganz ähnliche, Periode seiner Bewegungen beginnt.*)

Man sieht also, wie alle Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Planeten nur scheinbar sind und darin ihren Grund haben, daß wir selbst uns auf einem bewegten Beobachtungsorte befinden, daß von der Sonne aus gesehen, alle diese Unregelmäßigkeiten verschwinden und vielmehr der schönsten Regelmäßigkeit Platz machen. Daher pflegen die Astronomen die Planeten in ihren Stellungen stets auf die Sonne zu beziehen. Da unsere directen Beobachtungen aber sämmtlich nur den von der Erde aus gesehenen Ort der Planeten angeben, so ergibt sich die astronomische Aufgabe, den geocentrischen Ort der Planeten in den heliocentrischen Ort derselben zu verwandeln, d. h. denjenigen Ort zu bestimmen, wo von der Sonne aus gesehen die Planeten er-

*) Eine ähnliche Betrachtung kann auch für die unteren Planeten angestellt werden. Man wird hier die Erscheinungen durch zwei concentrische Kreise darstellen, von denen der innere die Bahn des Planeten, der äußere die Bahn der Erde vorstellt. Zur Zeit ihrer oberen Conjunction, wo die Sonne zwischen dem Planeten und der Erde ist, sind die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde nach entgegengesetzten Seiten gerichtet, daher hier die von der Erde gesehene oder scheinbare Bewegung direct und am größten ist. Nach der obern Conjunction neigt sich die Richtung der wahren Bewegung des Planeten immer mehr gegen die Erde hin, oder seine scheinbare directe Bewegung wird langsamer. Zur Zeit der größten östlichen Digression geht die Richtung seiner Bewegung oder die Tangente seiner Bahn gerade auf die Erde zu, und er scheint deßhalb nunmehr eben so viel auf die linke Seite zu rücken, als die Erde in ihrer

scheinen. Sei S (Fig. 35.) die Sonne, T die Erde und P der Planet. Zieht man durch T die Linie TA parallel mit der Linie S♈, die durch die Sonne und durch den Punkt der Frühlingsnachtgleiche geht, so wird, wegen der hier als unendlich weit vorausgesetzten Entfernung der Fixsterne, ♈ST die heliocentrische Länge der Erde, ♈SP die heliocentrische Länge des Planeten, und ATP die geocentrische Länge des Planeten sein. Zieht man endlich noch durch S die Linie SB parallel mit TP, so wird auch der Winkel ♈SB = ATP die geocentrische Länge des Planeten ausdrücken. Man beschreibe daher mit dem größten Halbmesser, den z. B. die Ebene einer Tafel verträgt, aus dem Mittelpunkte S einen Kreis ♈ ♋ ♎ ♑, der die in Grade getheilte Ekliptik an der von der Sonne oder von der Erde unendlich weit entfernten Fläche des Himmels vorstellt. Aus demselben Mittelpunkte S beschreibe man die Bahn aTb der Erde und PB des Planeten. Nehmen wir nun an, daß man für irgend eine Zeit, für welche der heliocentrische Ort T der Erde, z. B. von 30 Graden, gegeben ist, durch eine unmittelbare Beobachtung die geocentrische Länge des Planeten, die etwa 63 Grade betragen mag, kennen gelernt habe. Sucht man dann die heliocentrische Länge des Planeten für dieselbe Zeit, so wird man an der Linie ♈S, in dem Punkte S, die gerade Linie SB unter dem Winkel ♈SB = 63° ziehen, und dann mit dieser Linie eine zweite durch T parallel ziehen, so wird diese zweite Linie die kreisförmige Bahn des Planeten in irgend einem Punkte B schneiden, und dieser Punkt B wird der gesuchte Ort des Planeten in seiner Bahn sein. Zieht man daher die Linie PS, so wird der Winkel ♈SP, hier nahe gleich 50 Grad, die gesuchte heliocentrische Länge des Planeten sein. Ist aber umgekehrt für irgend eine Zeit die heliocentrische Länge der Erde 30°, und die heliocentrische Länge des Planeten 50° gegeben, so kennt man dadurch die Lage der zwei Punkte T und P in den Bahnen dieser beiden Planeten. Verbindet man sie durch die gerade Linie TP, und zieht man mit ihr durch S die Gerade SB, welche den äußersten Kreis der

---

Bahn rechts rückt. Nach diesem Momente entfernt sich die Tangente seiner Bahn auf der andern oder westlichen Seite immer mehr von der Erde, und es muß daher eine Stelle geben, wo seine Bewegung nach der rechten Seite genau mit jener der Erde, die ihn scheinbar nach der linken Seite vorrückt, übereinkommt, und in dieser Stelle wird daher der Planet seinen Stillstand haben. Von da an wird nun seine scheinbare Bewegung rückgängig sein, da die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde beide nach der rechten Seite gerichtet sind, und die der erstern, als des der Sonne näheren Körpers, auch zugleich die größere ist. In der unteren Conjunction endlich sind beide nach der rechten Seite gehenden Richtungen der wahren Bewegungen einander genau parallel, daher hier die scheinbar rückgängige Bewegung des Planeten ihren größten Werth haben wird. Nach der unteren Conjunction erneuern sich in der anderen Hälfte der Bahn dieselben Erscheinungen in umgekehrter Zeitfolge bis der Planet wieder seine obere Zusammenkunft mit der Sonne erreicht.

Zeichnung in dem Punkte 63° trifft, so erhellet, daß die gesuchte geocentrische Länge des Planeten 63 Grade beträgt. Durch dieses Verfahren erhält man auch zugleich die Größe der Linie TP oder die Entfernung des Planeten von der Erde. Man kann noch bemerken, daß in dem Dreiecke STP der Winkel TSP an der Sonne, oder die Commutation, gleich ist der heliocentrischen Länge des Planeten, weniger der heliocentrischen Länge der Erde, der Winkel SPT an den Planeten aber, oder die jährliche Parallaxe, ist gleich der geocentrischen Länge, weniger der heliocentrischen Länge des Planeten, und endlich der Winkel STP an der Erde, oder die Elongation, ist gleich 180°, mehr der heliocentrischen Länge der Erde, weniger der geocentrischen Länge des Planeten.

Aus der Theorie der heliocentrischen Bewegung der Planeten können die Astronomen ebenfalls den heliocentrischen Ort berechnen; indem sie mit dem so gefundenen nun denjenigen vergleichen, welcher sich aus dem beobachteten geocentrischen Orte ergibt, haben sie ein Mittel, jene Theorie selbst zu berichtigen.

Wäre die Voraussetzung richtig, daß alle Planeten concentrische Kreise um die Sonne beschrieben, welche sämmtlich in derselben Ebene der Ekliptik lägen, so brauchte man nur die während seiner ganzen Kreisbewegung sich gleichbleibende Geschwindigkeit eines Planeten zu kennen, so wie einen Ort, an dem er sich zu einer gewissen Zeit auf seiner Bahn befand, um aus diesen beiden Angaben die Orte und Zeiten für seinen ganzen Umlauf zu berechnen. Diese beiden Elemente wären also 1) die heliocentrische Länge des Planeten für eine bestimmte Zeit, welche die Epoche des Planeten genannt wird, und 2) die Umlaufszeit um die Sonne, aus der die tägliche und stündliche Bewegung, wegen der Gleichmäßigkeit der Bewegung des Planeten in seiner Bahn, sich leicht berechnen läßt. Die Umlaufszeiten sind in den siderischen Revolutionen gegeben, da man aber die heliocentrischen Längen vom Nachtgleichenpunkte an rechnet, und dieser sich selbst jährlich um 0°,01394 von Osten gegen Westen bewegt, so sind die Umlaufszeiten in Beziehung auf diesen Punkt, welche die tropischen Revolutionen der Planeten genannt werden, sämmtlich etwas kleiner als die siderischen. (S. d. Folg.). In nachfolgender Tafel sind die Epochen der älteren Planeten für den Mittag des 1. Januars 1832 in Wien und die täglichen Aenderungen ihrer heliocentrischen Längen zusammengestellt.

Mercur	Epoche:	59°,72;	tägliche	Aenderung:	4°,09238
Venus	„	151°,23;	„	„	1°,60217
Erde	„	100°,10;	„	„	0°,98568
Mars	„	237°,88;	„	„	0°,52407
Jupiter	„	333°,76;	„	„	0°,08313
Saturn	„	153°,84;	„	„	0°,03350
Uranus	„	311°,04;	„	„	0°,01177

Die Epochen und täglichen Aenderungen der vier neuen Pl. für den 1. Jan. 1820 sind folgende:

Vesta;	Epoche:	278°,50;	tägliche Aenderung:		0°,27120
Juno	"	200°,27;	"	"	0°,22591
Ceres	"	123°,27;	"	"	0°,21414
Pallas	"	108°,42;	"	"	0°,21400

Die oben gemachte Voraussetzung ist aber schon deßhalb falsch, und die angegebenen 2 Elemente reichen nicht hin, weil die Planetenbahnen nicht in der Ebene der Ekliptik liegen, sondern diese unter verschiedenen Winkeln in der Knotenlinie schneiden. Der **Neigungswinkel** der Planetenbahnen wird gefunden, wenn man sich senkrecht auf die Knotenlinie in demselben Punkte zwei Senkrechte errichtet denkt, von denen die eine in der einen, die andere in der anderen der beiden sich schneidenden Ebenen liegt. Um die Lage der durch die Sonne gehenden Knotenlinie in der Ebene der Ekliptik zu kennen, muß die Länge des aufsteigenden Knotens bekannt sein. Es kommen also zu den vorerwähnten noch zwei neue Elemente der Planetenbahnen hinzu. Da in dem Vorhergehenden die Neigungen der Planeten nicht berücksichtigt sind, so wird die Lösung der gestellten Aufgaben nun einer Erweiterung bedürfen. Es bezeichne wieder S (Fig. 36.) die Sonne, T die Erde und P den Planeten, den letzten irgend wo außerhalb der Ekliptik, während Sonne und Erde immer innerhalb derselben liegen. Die Ebene der Ekliptik schneide erweitert die Fläche des Himmels in dem größten Kreise AKP′ und die Ebene der Planetenbahn, die nach dem Vorhergehenden immer durch den Mittelpunkt der Sonne S geht, treffe die Himmelsfläche in dem größten Kreise BKp′, so ist also der Durchschnittspunkt K beider Kreise der aufsteigende Knoten der Planetenbahn und der Winkel AKB, welchen beide Kreise mit einander bilden, ist die Neigung dieser Bahn gegen die Ekliptik. Sei der Punkt A in der Ekliptik der Frühlingspunkt, von welchem alle Längen in der Richtung AK oder von West gen Ost gezählt werden. Man nehme auch auf der Planetenbahn rückwärts von K den Bogen KB = KA, so wird jeder dieser Bogen gleich der Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn sein, welche durch die Tafeln (s. d. Folg.) für jede Zeit als bekannt angesehen werden kann. Diese Länge des Knotens sei = k und die Neigung der Bahn oder der Winkel AKB sei = n. Nun verlängere man ST und Sp, bis sie die Fläche des Himmels in T′ und p′ treffen, so bezeichnet Bogen AT′ die Länge der Erde in der Ekliptik und Bp′ die **Länge des Planeten in der Bahn** (s. d. Art. **Länge**). Da aber alle Längen in der Ekliptik gezählt zu werden pflegen, so ziehe man durch den Mittelpunkt p′ des Planetenortes einen größten auf die Ekliptik senkrechten Kreis oder einen Breitenkreis p′P′, welcher in P′ die Ekliptik schneidet, dann ist p′P′ die **Breite** des Planeten und Ap′ die **reducirte Länge** des Planeten oder die Länge des Planeten in der Ekliptik. Der Bogen Kp′, von welchem die Breite P′p′ des Planeten abhängt, ist das **Argument der Breite**. Dasselbe wird erhalten, wenn man von der Länge Bp′ des Planeten in der Bahn, welche man aus der Epoche des Planeten findet, die Länge k des Knotens abzieht. — Um nun die heliocentrische Länge AP′ = l

eines Planeten in der Ekliptik und seine heliocentrische Breite $P'p' =$ b für jede angegebene Zeit zu finden, wird man zuerst die Länge Bp' des Planeten in der Bahn und die Länge k des aufsteigenden Knotens, so wie die Neigung n der Bahn suchen. Diese Länge in der Bahn weniger k gibt das Argument der Breite $Kp' = u$. Aus u, n und k findet man in dem bei P' rechtwinklichen sphärischen Dreiecke $P'Kp'$ die beiden Größen l und b, nach den Formeln $\text{tang.}\ (l - k) = \cos.\ n\ \text{tang.}\ u$ und $\sin.\ b = \sin.\ n\ \sin.\ u$. Aus der letzten ergibt sich b, aus der ersteren $l - k$, und da k bekannt ist, auch l.

Um nun, nachdem die heliocentrische Länge l und Breite b bekannt ist, auch noch die geocentrische Länge λ und Breite β zu finden, sei wieder $L = AST'$ die Länge der Erde und $R = ST$ so wie $r = Sp$ der Halbmesser der Erd- und Planetenbahn. Man suche zunächst die Größe $r \cos.\ b = r'$. Der Winkel TSP an der Sonne oder die Commutation ist $= l - L$, also eine bekannte Größe $= C$. Sucht man nun die Größe $r' \sin.\ C$ und dividirt sie durch $r' \cos.\ C - R$, so erhält man die Tangente von $\lambda - L$ also auch, da L bekannt ist, die geocentrische Länge λ des Planeten. Die geocentrische Breite β findet man aus der Formel

$$\text{tang}\ \beta = \frac{\sin\ (\lambda - L)\ \text{tang}\ b}{\sin.\ C}.$$

Es wurde oben bemerkt, daß zur Zeit der größten Digression eines der unteren Planeten die Richtung seiner Bewegung, d. h. die Tangente seiner Bahn gerade auf die Erde zugeht. Hierin hat man ein Mittel, mit Leichtigkeit den Abstand eines solchen Planeten von der Sonne zu berechnen. Befindet sich nämlich der Planet in II (Fig. 34.) und die Erde in 2, so ist in dem bei II rechtwinkligen Dreiecke der Winkel bei 2 unmittelbar durch die Beobachtung gegeben, indem er gleich dem Unterschiede der geocentrischen Längen des Planeten und der Sonne ist. Der Sinus dieses Winkels ist $= \frac{S\ II}{S\ 2}$, welches das Verhältniß der Halbmesser der beiden Kreise ist, durch welches der Halbmesser S II der Planetenbahn unmittelbar gegeben ist, wenn man den Halbmesser der Erdbahn $S\ 2 = 1$ annimmt.

Die siderische Umlaufszeit des Planeten, welche von einem festen Punkte des Himmels aus gerechnet wird, bis der Planet zu demselben zurückgekehrt ist, gibt die eigentliche wahre Zeit, welche der Planet braucht, um einmal seine ganze Bahn zurückzulegen. Die tropische Revolution, d. h. die Zeit, in welcher der Planet wieder zur Frühlingsnachtgleiche zurückkehrt und die synodische Revolution, d. h. die Zeit zwischen zwei nächsten Conjunctionen des Planeten mit der Sonne, sind von der siderischen verschieden, weil sowohl der Frühlingspunkt als auch die Sonne selbst eine eigene Bewegung am Himmel haben. Die tägliche rückgängige siderische Bewegung des Frühlingspunktes ist $= 0^\circ{,}0000381$ und die tägliche directe tropische Bewegung der Sonne oder

der Erde beträgt 0°,98568. Dividirt man diese Zahlen durch 360, so erhält man 0,000000106 und 0,002738. Ist daher A die siderische Revolution eines Planeten, so erhält man die tropische Revolution desselben, wenn man A durch 1 + 0,000000106 A dividirt. Und ist eben so B die tropische Revolution, so erhält man die synodische, wenn man B durch 1 — 0,002738 B dividirt. Es kommt also vornehmlich darauf an, irgend eine der Revolutionen mit Genauigkeit zu berechnen, um damit auch die beiden übrigen gegeben zu haben. Die siderische Umlaufszeit findet man zwar, wie oben bemerkt wurde, aus der Beobachtung der Durchgänge der Planeten durch ihre Knoten, indeß sind diese Beobachtungen schwer mit der nöthigen Sorgfalt anzustellen, weil die meisten Planetenbahnen nur um kleine Winkel gegen die Erdbahn geneigt sind. Wenn man von einem Planeten zwei heliocentrische Orte genau kennt, so wie die Zeit, welche der Planet braucht, um von dem einen dieser Orte zu dem andern zu gelangen, so kann man hieraus die Zeit seiner tropischen Revolution berechnen. Hat man die heliocentrischen Längen zweier solcher Orte b° und a°, und die Zwischenzeit = c Tage, so ist $\frac{360\ c}{a - b}$ die Zeit seines Umlaufes. Man beobachtet daher den Planeten zur Zeit seiner Opposition, oder wenn es ein unterer Planet ist, zur Zeit einer seiner beiden Conjunctionen. In diesen beiden Fällen ist die von der Erde gesehene Länge des Planeten der von der Sonne gesehenen entweder gleich oder genau 180° von ihr verschieden, und die Beobachtung gibt daher ohne Weiteres die heliocentrische Länge. Hat man daher zwei nächste Oppositionen desselben Planeten mit der Sonne beobachtet, so würde die Zwischenzeit beider Beobachtungen auch zugleich die synodische Revolution des Planeten sein, woraus man die tropische und siderische Revolution ohne Weiteres nach den Angaben berechnen kann. Es hat sich jedoch gezeigt, daß wenn man auf diese Weise die Wiederkehr der Opposition beobachtet, sich merklich verschiedene Zeiträume ergeben, welches keinen anderen Grund haben kann, als daß die gemachte Voraussetzung, daß sich die Planeten in Kreisen mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Sonne bewegen, nicht genau richtig ist. Um nun aber doch in angegebener Weise die Revolutionen der Planeten berechnen zu können, legt man die Beobachtung zweier sehr weit auseinander liegenden Oppositionen bei der Rechnung zu Grunde, indem man die zwischen ihnen verlaufene Zeit mit der Anzahl der Umläufe, welche während derselben vor sich gegangen, dividirt. *)

---

*) Littrow führt zur Erklärung, wiefern hierdurch der Fehler ausgeglichen werde, folgendes Beispiel an. Nehmen wir an, es sei uns die Opposition eines Planeten erhalten worden, die am 20. Novbr. alten Stils 1100 vor Christi Geburt im Augenblicke des Mittags in Pecking beobachtet worden ist. In dem Jahre 1834 ist am 22. Mai neuen Stils zur Zeit, wo es an diesem Tage zu Pecking wieder Mittag ist, eine andere Opposition desselben Planeten irgendwo in Europa beobachtet worden, und man

Das Kopernikanische Planetensystem warf zwar in die Ordnung der Himmelskörper ein bis dahin noch nicht gekanntes Licht, und machte den gewaltigen Fortschritt möglich, den seitdem die Astronomie gemacht hat, doch enthielt es noch einen Mangel, in Folge dessen noch eine Ungleichheit in der Bewegung der Planeten unerklärt blieb. Daher suchte Tycho de Brahe der eine große Anzahl der sorgfältigsten Beobachtungen anstellte, ein anderes noch besser die Erscheinungen erklärendes Planetensystem aufzustellen, nach welchem die Erde still stand, um sie der Mond und die Sonne und um die letztere dann die übrigen Planeten sich bewegten. Dieß System hat sich als unrichtig bewiesen, aber die sorgfältigen Beobachtungen Tychos wurden doch die Grundlage der Wahrheit, welche bald nachher der große, tiefsinnige, unermüdliche deutsche Astronom Kepler auffand. Kopernikus hatte nämlich noch wie die Alten angenommen, daß sich die Planeten in Kreisen um die Sonne bewegten, aus welcher Annahme dann nothwendig folgte, daß ihre Bewegung gleichmäßig sein mußte. Schon die Alten hatten aber bemerkt, daß die Planeten zu derselben Zeit, in welcher sie die größte und kleinste heliocentrische Geschwindigkeit hatten, auch die größten und kleinsten Durchmesser hatten. Besonders bemerkte man dieß am Monde und an der Sonne. Daher nahmen sie an, daß sich die Erde nicht genau im Mittelpunkte der kreisförmigen Mondbahn und der Sonnenbahn befände, sondern etwas außerhalb dieses Punktes, so daß es zwei Punkte, Absiden genannt, gäbe, bei deren einem, dem

---

weiß bereits, daß die synodische Revolution dieses Planeten nahe $535\frac{3}{4}$ Tage ist. Die Zwischenzeit zwischen beiden Beobachtungen beträgt 2933 Jahre und 183 Tage, oder da das Julianische Jahr $365\frac{1}{4}$ Tage hat, und da der neue oder Gregorianische Stil in dem gegenwärtigen Jahrhundert um 12 Tage vor dem alten Stil voraus ist, so beträgt jene Zwischenzeit 2933 Jahre und 171 Tage oder 1071449,25 Tage. Da nun die synodische Revolution dieses Planeten nahe 535,7 Tage betragen soll, so sind in dieser Zwischenzeit volle 2000 synodische Revolutionen vorübergegangen, und man wird daher die wahre Dauer Einer solchen Revolution erhalten, wenn man die Zahl 1071449,25 durch 2000 dividirt, dieß gibt für die gesuchte wahre synodische Revolution 535,724625 Tage. Nehmen wir nun an, die erste jener beiden Beobachtungen wäre fehlerhaft und volle 6 Stunden zu spät beobachtet worden, dann würde die wahre Zwischenzeit zwischen beiden Beobachtungen ebenfalls um 6 Stunden größer und daher gleich 1071449,5 Tage gewesen sein. Dividirt man auch diese Zahl wieder durch die Anzahl der Revolutionen oder durch 2000, so erhält man für die wahre synodische Revolution des Planeten 535,72475 Tage, also nur 0,000125, d. h. 10,8 Secunden größer als vorher. Jener Fehler von 6 Stunden ist also hier durch die lange Zwischenzeit auf 10,8 Secunden, d. h. auf seinen 2000sten Theil herabgebracht worden. Die Griechen haben in ähnlicher Weise schon die Umlaufszeiten der ihnen bekannten Planeten bestimmt, und zwar mit so großer Genauigkeit, daß sie ziemlich mit unseren jetzigen Angaben in dieser Beziehung übereinstimmen.

Apogeum, der Mond am entferntesten, und bei deren anderem, dem Perigeum der Mond am nächsten der Erde wäre. Eben so nahmen sie zwei Absiden der Sonnenbahn an, oder, worauf es nach Erkenntniß der Bewegung der Erde hinaus kam, der Erdbahn, deren eine das Aphelium, die andere das Perihelium ist. Wären die Bahnen des Mondes und der Erde kreisförmig, so müßte die Größe der Durchmesser in demselben Verhältnisse zunehmen und abnehmen, wie die Geschwindigkeit; da dieses nicht der Fall ist, so geht daraus hervor, daß die Erklärung der Alten nicht die richtige war. Aus dem wirklichen Verhältnisse der Durchmesser der Planeten und der Sonne zu ihren Geschwindigkeiten folgerte Kepler endlich, daß die Bahnen der Planeten nicht Kreise, sondern Ellipsen seien.

Nehme man an, daß S und S′ (Fig. 37.) zwei feste Punkte in einer Ebene sind, an welche ein Faden SPS′ mit seinen Enden angebunden ist. Diesen Faden spanne man mit der Spitze eines Bleistifts und führe diese Spitze so herum, daß fortwährend der Faden gespannt bleibt, so entsteht die krumme Linie AP′ BP″, welche eine Ellipse ist. Da sich die Länge des Fadens fortwährend gleich bleibt, so ist für jeden Punkt P dieser Linie SP + S′P gleich, z. B. = SP′ + SP′ und eben so = SA + S′A = SB + S′B. Aus dieser letzten Gleichung folgt dann, daß SA + S′A — SS′ = SB + S′B — SS′ d. h. 2 S′A = 2 SB also S′A = SB, folglich SA + S′A = SB + S′B = SA + SB = S′B + S′A = AB und eben so also auch SP + S′P = SP′ + S′P′ u. s. w. = AB. Die Linie AB heißt nun die große Axe der Ellipse, S und S′ heißen die Brennpunkte derselben, und jede zwei von den Brennpunkten nach irgend einem Punkte der Ellipse, z. B. P oder P′ gezogene gerade Linien heißen die Radii vectores dieses Punktes. Man hat hiernach den eben gefundenen Satz in Worten ausgedrückt. Bei der Ellipse ist die Summe der beiden Radii vectores jedes Punktes gleich der großen Axe. Die Endpunkte der großen Axe der Ellipse heißen ferner die Scheitelpunkte, der Mittelpunkt der großen Axe bei C heißt der Mittelpunkt und der Abstand der Brennpunkte von diesem CS = CS′ heißt die Excentricität der Ellipse. Errichtet man im Mittelpunkte auf die große Axe eine Senkrechte, so erhält man die kleine Axe der Ellipse = pp′. Auch für diese gilt das Gesetz der Ellipse. Es ist folglich Sp + S′p = AB und da in den zwei congruenten rechtwinklichen Dreiecken SCp und S′Cp, Sp = S′p ist, so ist folglich $Sp = S'p = \frac{AB}{2}$. Aus der Natur des rechtwinkligen Dreiecks folgt, daß $\overline{Sp}^2 = \overline{SC}^2 + \overline{Cp}^2 = \left(\frac{AB}{2}\right)^2$ d. h. das Quadrat der halben großen Axe ist gleich der Summe der Quadrate der halben kleinen Axe und des Quadrates der Excentricität. Sind mithin 2 dieser Größen bekannt, so kann man die dritte durch Rechnung finden.

Kepler machte nun die Bemerkung, daß sich die Planeten sämmtlich in Ellipsen um die Sonne bewegen, und daß sich die Sonne nicht

im Mittelpunkte sondern in dem Brennpunkte z. B. bei S jeder dieser Ellipsen befinde. Jeder Planet ist der Sonne am nächsten in dem Perihelium bei B, wo er dann den größten Durchmesser, von der Sonne aus betrachtet, zeigt und sich am schnellsten bewegt, und am entferntesten von der Sonne in dem Punkte A, dem Aphelium, wo er den kleinsten Durchmesser zeigt (der größeren Entfernung wegen), und sich am langsamsten bewegt. Die Absidenlinie ist die große Are der Bahn. Stellen wir uns nun einen Planeten durch den Radius Vector mit der Sonne verbunden vor, so wird dieser Radius Vector während des ganzen Umlaufes des Planeten um die Sonne, die Fläche beschreiben, welche von der elliptischen Bahn eingeschlossen wird, und in jeder bestimmten Zeit, z. B. in einem Tage wird der Radius Vector einen gewissen Theil dieser Fläche zurücklegen. Kepler fand nun, daß die Flächen, welche der Radius Vector in bestimmten Zeiten, z. B. in Tagen, Stunden u. s. w. zurücklegt, sich genau wie diese Zeiten verhalten. Man sieht nun klar, warum sich jeder Planet im Perihelium schneller als im Aphelium bewegen muß, denn wenn er z. B. in Einem Tage von B bis P''' beim Perihelium fortrückt, so hat sein Radius Vector die Fläche BSP''' zurückgelegt und diese Fläche muß gleich sein derjenigen Fläche, die der Radius Vector in der Nähe des Apheliums ebenfalls in Einem Tage durchläuft = SAP'''', wo dann AP'''' viel kleiner als BP''' sein muß, weil die Fläche ASP'''' bei weitem länger gedehnt als die Fläche BSP''' ist, der sie doch gleich sein soll. Die Oberfläche der ganzen Ellipse ist gleich dem vierten Theile des Productes ihrer großen und kleinen Are multiplicirt mit 3,14159. Die so gefundene Fläche dividirt man mit der in Tagen ausgedrückten Umlaufszeit des Planeten, um die Fläche zu finden, welche in Einem Tage von dem Radius Vector des Planeten zurückgelegt wird. Kennt man folglich die Zeit, in welcher der Planet sich im Perihelium befand, und die Zeit wo er sich bei P auf seiner Bahn befindet, so ist die Zwischenzeit in Tagen ausgedrückt, multiplicirt mit dem Flächenstücke, welches der Radius Vector in Einem Tage zurücklegt, gleich dem Flächenstücke BSP. Um nun hieraus den Ort des Planeten in seiner Bahn zu bestimmen, muß man für den Sector BSP einer Ellipse den Radius Vector SP und den Winkel dieses Radius mit der großen Are BSP berechnen können. Von der Art, in welcher diese Aufgabe gelöst wird, gibt Littrow im Folgenden eine Vorstellung. Man denke sich einen um S (Fig. 38.) als Mittelpunkt beschriebenen Kreis, dessen Halbmesser SA' = SB' gleich der halben großen Are CB = CA der Ellipse ist. In diesem Kreise bewege sich ein Punkt M gleichförmig und so, daß er mit dem wahren Planeten, der in der Peripherie der Ellipse einher geht, immer zu gleicher Zeit durch die große Are AB derselben, zu beiden Seiten des Punktes S geht. Wenn also der Planet im Perihelium B ist, so ist jener Punkt in B', und die Fläche des elliptischen Sectors, so wie der Bogen dieses Kreises, die beide von der Linie SBB' gezählt werden, sind hier beide gleich Null. Wenn aber nach einer halben Revolution der Planet in der Ellipse nach A, und jener Punkt in der Peripherie seines Kreises nach A' kömmt, so ist die von dem Radius

Vector in der Zwischenzeit beschriebene Fläche des elliptischen Sectors genau die Hälfte von der Fläche der ganzen Ellipse, so wie auch der von jenem Punkte beschriebene Bogen B'MA' genau die Hälfte der ganzen Peripherie seines Kreises ist. Und dasselbe Verhältniß zwischen dieser Fläche des Sectors und dem Bogen des Kreises wird auch für jede andere Zeit statt haben, weil beide, nach der vorhergehenden Voraussetzung, gleichförmig wachsen, und weil beide von der Linie SBB' an gezählt werden. Ist also seit jener Epoche, wo der Planet durch sein Perihelium B ging, z. B. der zwanzigste Theil der Umlaufszeit verflossen, und ist PBS ebenfalls der zwanzigste Theil der Fläche der ganzen Ellipse, so wie B'M der zwanzigste Theil des Umfangs des Kreises, oder endlich, was dasselbe ist, der Winkel B'SM der zwanzigste Theil von 360 Graden, so wird der Planet in P und jener Punkt zu derselben Zeit in M sein. Man sieht demnach, daß man statt jenes elliptischen Sectors den Winkel B'SM dieses Punktes substituiren kann, und dann aus dem gegebenen Winkel B'SM jenes Punktes den Winkel BSP und den Radius Vector SP des Planeten zu finden hat. Was nun den heliocentrischen Ort dieses Punktes M betrifft, so wird er ganz so, wie der des nach den ältern Systemen in einem Kreise sich bewegende Planet, für jede gegebene Zeit ohne Mühe gefunden werden können. Man wird nämlich, wenn man die Zeit kennt, wo der Punkt in B' durch die Linie SB' ging, und wenn überdieß die Umlaufszeit dieses Punktes in seinem Kreise, die mit der Umlaufszeit des Planeten in seiner Ellipse identisch ist, bekannt ist, den Ort des Punktes M in der Peripherie seines Kreises durch eine einfache Division bestimmen. Man nennt daher auch diesen Punkt den mittleren Planeten, während der eigentliche Planet im Gegensatze mit jenem, der wahre genannt wird. In der That ist auch, weil die Umlaufszeiten beider um den Punkt S, oder um die Sonne, einander gleich sind, die durch seine ganze Bahn gleichförmige Geschwindigkeit dieses mittleren Planeten gleich dem Mittel aus allen verschiedenen Geschwindigkeiten des wahren Planeten. Es ist also, wie man sieht, sehr leicht, den Winkel B'SM des mittleren Planeten für jede gegebene Zeit zu finden, und es handelt sich nur noch darum, wie man, wenn m gegeben ist, auch den Winkel BSP und den Radius Vector SP $=$ r des wahren Planeten für dieselbe Zeit finden soll. Man nennt aber den Winkel B'SM oder m die mittlere Anomalie und den Winkel BSP oder v die wahre Anomalie des Planeten. Bei allen Ellipsen deren Excentricität CS gegen ihre halbe große Axe CB sehr klein ist, (ein Fall, der in der That bei allen Planeten, besonders bei den sieben älteren, statt hat), bestimmt man nun den Radius Vector und die wahre Anomalie mit hinreichender Genauigkeit, wie folgt. Bezeichnet man dieses Verhältniß $\frac{CS}{CB}$ in jeder Ellipse durch e, so ist die wahre Anomalie v immer gleich der mittleren m mehr dem doppelten Producte der Größe e in den Sinus von m, und der Radius Vector r ist immer gleich der halben großen Axe, weniger dem Producte dieser Halbaxe in die Größe e und in den Cosinus von m, wobei diese

Winkel m und v ohne Unterbrechung von 0° bis 360° gezählt werden. Demnach besteht also die Bewegung jedes Planeten aus zwei Theilen. Der erste ist gleichförmig, gehört gleichsam dem Kreise an und ist auch ganz derselbe, den wir schon im Vorhergehenden betrachtet haben. Der andere ist aber ungleichförmig, gehört der Ellipse an, und ist gleich 2 e sin. m. Man nennt diesen zweiten Theil die Gleichung der Bahn, und sie wird mit ihrem Zeichen zur mittleren Länge des Planeten gesetzt, um die wahre oder elliptische Länge desselben in der Bahn zu erhalten. Eben so ist die wahre oder elliptische Distanz des Planeten von der Sonne, oder sein Radius Vector, aus zwei ähnlichen Theilen zusammengesetzt, davon der erste gleich der halben großen Axe a, und der andere gleich dem Producte dieser Halbaxe in die Größe a e cos. m ist. Um diese Rechnungen auszuführen muß man also, nebst den bereits oben angeführten vier Elementen, noch zwei andere kennen, nämlich die Excentricität CS, oder, da die halbe große Axe CA schon bekannt ist, das Verhältniß e dieser Excentricität zur großen Halbaxe, und die Lage dieser Axe, oder, was dasselbe ist, die Länge des Periheliums B. Ist nämlich ☊S☋ (Fig. 38.) die Knotenlinie der Bahn mit der Ekliptik, also ☊ der aufsteigende Knoten, von welchem sich der Planet über die Ekliptik, gegen Norden, erhebt und nimmt man von diesem Punkt ☊, in der Ebene der Bahn, den Winkel ☊SV eben so groß, als derselbe Punkt ☊ von dem Frühlingsnachtgleichenpunkte in der Ebene der Ekliptik absteht, so ist VSB die Länge des Periheliums. Die folgende Tafel enthält diese beiden Elemente zugleich mit den vier ersten, die hier zur bequemen Uebersicht zusammengestellt, und sämmtlich auf den mittleren Pariser Mittag des 1. Jan. 1810 gebracht sind.

	Halbe große Axe	Verhältniß der Excentricität e.	Epoche 1810.	Tägliche tropische Bewegung.	Länge des Perihеliums 1810.	Sácul. Aenderung, tropisch.	Länge des aufst. Knotens 1810.	Sácul. Aend. des Knotens, tropisch.	Neigung.
Merkur	0,38710	0,2056	293°32′,32	4°,09238	74°30′,23	1°,55	46° 4′,02	1°,18	7° 0′,00
Venus	0,72333	0,0068	236°16′,25	1°,60217	128°44′,30	1°,32	74°57′,30	0°,88	3°23′,47
Erde	1,00000	0,0168	99°29′,03	0°,98568	99°39′,37	1°,72	— —	—	— —
Mars	1,52369	0,0932	346°28′,58	0°,52407	332°33′,82	1°,83	48° 3′,80	0°,75	1°51′,08
Vesta	2,3632	0,1838	105°44′,90	0°,27120	250°19′,0	1°,39	103°10′,20	1°,39	7° 7′,78
Juno	2,6704	0,2544	95°21′,20	0°,22591	53°16′, 0	1°,39	171° 9′,83	1°,39	13° 4′,45
Ceres	2,7672	0,0785	61°12′,53	0°,21414	146°44′, 0	1°,39	80°56′,92	1°,39	10°37′,50
Pallas	2,7683	0,2440	49° 9′,38	0°,21400	121°22′, 0	1°,39	172°33′,90	1°,39	34°37′,47
Jupiter	5,20116	0,0482	25°24′,03	0°,08313	11°17′,80	1°,58	98°30′,07	0°,96	1°18′,85
Saturn	9,53781	0,0562	244°37′,53	0°,03350	89°15′,18	1°,93	112° 0′,92	0°,77	2°29′,63
Uranus	19,18318	0,0467	216°27′,98	0°,01177	167°29′,62	1°,46	73°53′,58	0°,39	0°46′,43

Diese Tafel gibt zugleich die Aenderung der Länge des Knotens und des Periheliums für 100 Jahre, von der Epoche 1810 an gerechnet. Zwar ist auch die Neigung u und die Größe e ähnlichen Veränderungen unterworfen, sie sind aber so klein, daß sie hier ganz übergangen werden können.

Mit Hilfe der eben gegebenen Tafel kann man den heliocentrischen Ort eines Planeten für jede gegebene Zeit finden, wie dieß Littrow näher an folgendem Beispiele erläutert. Gesetzt wir suchen den helioc. Ort Saturns für den 12. Nov. 1835. Nach der Tafel ist die Epoche für den Anfang 1810 = 244°,6255. Das Intervall zwischen beiden Zeiten ist = 25 J. 316 T., wozu noch 6 Schalttage kommen. Die tägliche tropische Bewegung Saturns ist = 0°,03350, welches für 25 J. 305°,6875 und für 322 T. 10°,7870 gibt, diese Angaben hinzu addirt zu der von 1810 gibt 561°,1, woraus die Länge des Saturns in der Bahn = 561°,1 — 360° = 201°,1 = 201°6′. Die Länge k des aufsteigenden Knotens ist für 1810 = 112°0′,92, die Veränderung in 25 J. 11′,4, also für die gesuchte Zeit k = 112° 12′ und die Neigung n = 2° 29′,6. Die halbe große Axe der Bahn ist = 9,53781. Die mittlere Anomalie m erhalten wir, wenn wir die Länge des Periheliums von der Länge des Planeten in der Bahn subtrahiren. Jene ist für 1810 89° 15′,18, die Aenderung für 25 J. = 28′,92, also dieselbe für den 12. Nov. 1835 = 89° 44′,10, also m = 201° 6′ — 89°, 44′,10 = 111° 21′,9. Sucht man hiermit und mit der Größe e = 0,0562 die wahre Anomalie v und den Radius Vector r des Saturn, so findet man 2 e sin. m auf Bogen gebracht = 5° 49′ und a e cos. m = 0,19515, so daß daher die wahre Anomalie des Planeten v = m + 5°,49 = 117° 11′ und der Radius Vector v = 9,7330 ist. Addirt man dann zu der wahren Anomalie die Länge des Perihels und subtrahirt von der Summe die Länge des Knotens, so hat man das Argument der Breite u = 94° 43′. Nach den oben (S. 136.) angegebenen Formeln ist nun die helioc. Länge l und die helioc. Breite b zu finden. Diese Formeln sind:

$$\text{tang. } (l - k) = \text{cos. } n. \text{ tang. } u \text{ und}$$
$$\text{sin. } b = \text{sin. } n. \text{ sin. } u; \text{ d. h.}$$

log. tang. (l — k) = log. cos. (2° 29′,6) + log. tang. (94° 43′)
und log. sin. b = log. sin. (2° 29′,6) + log. sin. (94° 43′)
d. h. log. tang. (l — k) = 9,99959 + 1,08350 = 11,08309
und log. sin. b = 8,63678 + 9,99853 = 18,63531
also l — k = 94° 43′
k = 112° 12

folglich l = 206° 55′
und b = 2° 29′

Die geocentrische Länge λ und Breite β wird erhalten (s. oben S. 136.) nach den Formeln:

$$\text{tang. } (\lambda - L) = \frac{r \text{ cos. } b \text{ sin. } C}{r \text{ cos. } b \text{ cos. } C - R} \text{ und tang. } \beta = \frac{\text{sin. } (\lambda - L) \text{ tang. } b}{\text{sin } C}$$

worin r der Halbmesser der Planetenbahn = 9,538, R der Halbmesser der Erdbahn = 1, L die Länge der Erde = 49° 22′, und C die Commutation = l — L =

206° 55′ — 49° 22′ = 157° 33′. Man findet bei der Berechnung λ = 209° 0′ und β (nördl. Br.) = 2° 16′.

Zur leichteren Berechnung des Orts der Planeten für jede gegebene Zeit hat man eigene Planetentafeln, welche dieselbe sehr erleichtern, berechnet, die sich auf eine längere Reihe von Jahren beziehen, welche hier aber, auch nur zum Theil wiederzugeben, zu weitläufig sein würde.

Eine der wichtigsten Entdeckungen Keplers, das dritte der drei wichtigen von ihm gefundenen Gesetze, bezieht sich auf die Abstände der Planeten von der Sonne, indem derselbe fand, daß sich die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten wie die Würfel der großen Axen der Bahnen der Planeten verhalten.

Hiernach kann man aus den leicht zu beobachtenden Umlaufszeiten die großen Axen berechnen. Nach dem ersten Keplerschen Gesetze bewegen sich die Planeten so, daß die Flächen ihrer elliptischen Sectoren der Zeit proportional sind, d. h. daß diese Fläche, dividirt durch die Zeit, in welcher sie zurückgelegt wurde, für jeden Planeten eine beständige Größe ist. Für jeden Planeten ist diese beständige Größe eine andere, der Zusammenhang dieser Größen geht hervor, wenn man das erste und dritte Gesetz zugleich betrachtet. Wenn man in einen der beiden Brennpunkte einer Ellipse auf der großen Axe eine Senkrechte errichtet, so heißt diese Linie, welche auf beiden Seiten von der Peripherie der Ellipse begrenzt wird, der Parameter der Ellipse, und der halbe Parameter ist gleich dem Quadrate der halben kleinen, dividirt durch die halbe große Axe der Ellipse. Sind nun $2a$, $2a'$ die großen, $2b$, $2b'$ die kleinen Axen, $2p$, $2p'$ die Parameter und f, f' die Oberflächen zweier Ellipsen, zu denen die Umlaufszeiten t und t' gehören, so hat man nach dem ersten Gesetze in der einen Ellipse $f = Ct$ und in der anderen $f' = C't'$, wo C und C' die zwei erwähnten constanten Größen bezeichnen, die bei jeder einzelnen Planetenbahn sich gleich bleiben, bei den verschiedenen Bahnen aber verschieden sind, und deren absolute Größe für jede einzelne Bahn bestimmt werden soll. Nach dem dritten Keplerschen Gesetze hat man für beide Planeten $a^3 t'^2 = a'^3 t^2$. Die Oberfläche der ersten Ellipse ist (s. oben) f ist $= 3{,}14159 a. b$, und die Oberfläche der zweiten Ellipse $f' = 3{,}14159 a'. b'$. Man kann das erste Gesetz also auch so ausdrücken, $3{,}14159\, a.b = Ct$ und $3{,}14159\, a'.b' = C't'$. Vergleicht man diese beiden Ausdrücke mit dem oben für das dritte Gesetz gegebenen Ausdruck, so findet man, daß sich verhalten

$$C : C' = \sqrt{p} : \sqrt{p'}.$$

Das erste Keplersche Gesetz kann mithin auch so ausgedrückt werden: Die Fläche welche der Radius Vector des Planeten beschreibt, verhält sich zu der Zeit, in welcher sie beschrieben wird, wie das Product von zwei beständigen Größen. Von diesen zwei Größen ist die eine gleich der Quadratwurzel aus dem halben Parameter und gehört daher jeder einzelnen Planetenbahn ausschließlich an; die andere aber ist eine allen Planetenbahnen gemeinschaftliche beständige Größe, die sich leicht bestimmen läßt, wenn man nur die Fläche einer einzigen dieser

Planetenbahnen mit ihrem Parameter und der Umlaufszeit des Planeten in seiner Bahn kennt. Drückt man die Umlaufszeiten in Tagen und Theilen des Tages aus, so findet man für diese allen Planeten- und Kometenbahnen gemeinschaftliche Constante die Größe 0,017202 und diese ist es, welche unserem ganzen Sonnensysteme eigenthümlich ist.*) Alle Planeten werden durch das dritte Gesetz auf die Sonne bezogen, an welche sie durch eine sich durch das ganze Sonnensystem gleichbleibende, nur durch die Entfernung modificirte Kraft, gebunden sind, welche die eigentliche Ursache ihrer Bewegung ist.

Von einem sehr entfernten Standpunkte aus betrachtet, würde nun nach dem Vorhergehenden unser ganzes Planetensystem folgenden Anblick darbieten.

In dem Mittelpunkte einer großen Ebene soll eine Kugel von 2 Fuß im Durchmesser die Sonne vorstellen. Um sie, als Mittelpunkt, beschreiben wir mehre concentrische Kreise. Der erste und nächste an der Sonne, dessen Halbmesser 82 Fuß, ist die Bahn Mercurs, den wir etwa in der Größe eines Senfkorns darstellen können. In dem zweiten Kreise des Halbmessers 142 Fuß, bewegt sich Venus von der Größe einer Erbse; im dritten von 215 Fuß Halbmesser die nahe eben so große Erde; im vierten von 327 Fuß, der im Durchmesser nur halb so große Mars. Dann folgen vier, in ihrer Ausdehnung nur wenig verschiedene Kreise von 500 bis 600 Fuß Halbmesser, in welchen die vier neuen Planeten, Vesta, Juno, Ceres und Pallas gehen, die alle nur die Größe des kleinsten Sandkorns haben. Im neunten Kreis, dessen Halbmesser nahe 1430 Fuß beträgt, ist Jupiter in der Größe einer mäßigen Orange; im zehnten, dessen Halbmesser 2284 Fuß, der etwas kleinere Saturn, und endlich im eilften Kreise, 3900 Fuß im Halbmesser, Uranus von der Größe einer gewöhnlichen Aprikose. Ueber diese Grenze hinaus kennen wir keinen Planeten mehr. Von den Kometen erreichen noch viele in ihren Aphelien jene außer der Uranusbahn gelegenen Gegenden. Der große Komet vom Jahre 1680, dessen äußerst excentrische elliptische Bahn wir noch mit einiger Verläßlichkeit kennen, entfernt sich 44mal weiter von der Sonne, als Uranus, oder seine größte Entfernung würde in unserm Modelle 171600 Fuß, also nahe an 8 deutsche Meilen betragen. Die verschiedenen Verhältnisse der Distanzen und Größen der Planeten, so wie ihrer Geschwindigkeiten sind bestimmter in folgenden Tafeln zu übersehen.

---

*) Andere Gestirne die einen anderen Körper, um den sie sich bewegen, haben, z. B. die Satelliten des Jupiter haben auch eine andere dieser entsprechende charakteristische Zahl.

Umlaufszeiten.

	Siderische	Tropische	Synodische
☿	87,9695	87,9684	115,87
♀	224,7008	224,6955	583,92
♁	365,2564	365,242255	....
♂	686,9796	686,9297	779,88
⚶	1327,6	1327,4	505,0
⚵	1593,8	1593,6	474,0
⚳	1691,4	1681,1	466,5
⚴	1682,5	1682,2	466,5
♃	4332,5965	4330,6105	398,8
♄	10758,9698	10746,7324	378,0
♅	30688,7127	30589,3575	369,7

Entfernungen von der Sonne.

	Halbe große Axe, die der Erdbahn = 1.	Entfernung von der Sonne in Millionen deutschen Meilen.		Entfernung von der Erde in Millionen deutschen Meilen.	
		Größte	Kleinste	Größte	Kleinste
☿	0,38710	9,75	7,41	30	10
♀	0,72333	15,20	15,00	35	5
♁	1,	21,23	20,53	..	..
♂	1,52369	34,77	28,85	54	7
⚶	2,3632	53,70	44,93	72	23
⚵	2,6704	69,94	41,57	88	19
⚳	2,7672	62,31	53,23	81	31
⚴	2,7683	71,94	43,65	90	21
♃	5,20116	113,83	103,36	130	79
♄	9,53781	210,32	187,95	223	161
♅	19,18318	419,21	381,83	424	348

Durchmesser.

	Durchmesser in deutschen Meilen.	Durchmesser, der der Erde = 1.	Durchmesser, der der Sonne = 1.	Scheinbarer Durchmesser von der Erde gesehen.	
				Größter	Kleinster
☿	600	0,34	0,003	11″,6	4″,
♀	1678	0,95	0,009	65″,6	9″,6
♁	1719	1,00	0,009	. .	. .
♂	1000	0,56	0,005	27″,3	3″,7
☾	59	0,03	0,003	0″,5	0″,2
⚵	308	0,18	0,001	3″,3	0″,7
⚳	350	0,20	0,002	2″,3	0″,9
⚴	452	0,26	0,002	4″,2	1″,0
♃	19980	11,00	0,100	49″,2	29″,9
♄	16290	9,76	0,091	21″,5	15″,5
♅	7488	4,23	0,040	4″,3	3″,5
☉	187800	109,25	1,000		

Oberfläche und Volumen.

	Oberfläche.			Volumen.		
	In Millionen d. Quadrat-Meilen.	Die Oberfläche der Erde = 1.	Die Oberfläche der Sonne = 1.	In Millionen Kubik-Meilen.	Volume der Erde = 1.	Volumen der Sonne = 1.
☿	1,07	0,12	0,00001	104,5	0,04	0,00000005
♀	8,38	0,90	0,00007	2280,0	0,85	0,00000007
♁	9,28	1,00	0,00008	2660,0	1,00	0,0000007
♂	2,91	0,32	0,00003	467,0	0,18	0,0000002
☾	0,01	0,001	0,0000001	0,104	0,00004	. . . .
⚵	0,29	0,03	0,000003	14,58	0,005	. . . .
⚳	0,37	0,04	0,000003	212,50	0,008	. . . .
⚴	0,61	0,07	0,000005	44,60	0,017	. . . .
♃	1124,24	121,12	0,0106	3500000	1333,1	0,0011
♄	883,37	95,17	0,0072	2500000	928,5	0,0006
♅	106,07	17,92	0,0015	201000	75,8	0,00006

Mittlere Geschwindigkeiten während einer Zeitsecunde.

	Jährliche.		Tägliche des Aequators.
	In Par. Fuß.	In d. Meilen.	In Par. Fuß.
☿	152448	6,7	504
♀	111525	4,9	1430
♁	94850	4,7	1422
♂	76840	3,4	798
⚶	61700	2,7	. .
⚵	58040	2,6	. .
⚳	57026	2,5	. .
⚴	57000	2,5	. .
♃	41590	1,7	39070
♄	30710	1,5	33500
♅	21650	1,0	21650

Massen und Dichtigkeiten der Planeten.

	Masse die der Erde = 1.	Masse, die der Sonne = 1.	Dichte, die der Erde = 1.	Dichte, die des Wassers = 1.	Oberfläche, die der Erde = 1.	Volumen, das der Erde = 1.	Volum. in Mill. Kubik-Meilen.
Merkur	0,16	1/2025310	3,61	17,7	0,12	0,04	104
Venus	0,92	1/405871	1,07	5,2	0,90	0,85	2280
Erde	1,00	1/354936	1,00	4,9	1,00	1,00	660
Mars	0,13	1/2546320	0,70	3,3	0,32	0,18	467
Vesta	—	—	—	—	0,001	0,00004	1/10
Juno	—	—	—	—	0,03	0,005	14
Ceres	—	—	—	—	0,04	0,008	212
Pallas	—	—	—	—	0,07	0,017	45
Jupiter	308,9	1/3512	0,10	1,1	121,1	1333,1	3500000
Saturn	93,3	1/17918	0,20	0,5	95,2	928,5	2500000
Uranus	16,9	1/17918	0,25	1,0	17,9	75,85	201200

Die Masse der Sonne ist 329630 mal größer als die der Erde, und die des Mondes ist $\frac{1}{70}$ von jener der Erde. Die Dichte der Sonne ist $\frac{1}{4}$ der mittleren Dichte der Erde oder 1,22 der Dichte des reinen Wassers. Das Volumen oder der körperliche Inhalt der Sonne ist 1330000 mal größer als das der Erde, oder es beträgt nahe 3730 Billionen Kubik-Meilen. Das Volumen des Mondes ist nur $\frac{1}{50}$ von dem der Erde.

Geschwindigkeit, Abplattung u. s. w. der Planeten.

	Geschwindigkeit in der Bahn um die Sonne in 88 Tagen.	Geschwindigkeit in 1 Secunde in Meil. in der Bahn.	Dauer der Rotation.	Geschwindigkeit eines Punktes des Aequators in der tägl. Beweg. In Par. F.	Fall gegen die Sonne in einer Secunde. In Par. Linien.	Fall der Körper auf der Oberfläche in einer Sec. In Par. Fuß.	Abplattung.
Merkur	360°	6,7	24St. 5,5 M.	504	8,5	14,1	—
Venus	140,9	4,9	23 21,3	1430	2,4	15,9	—
Erde	86,7	4,7	23 56,07	1422	1,3	15,1	1/300
Mars	46,1	3,4	24 39,3	798	0,5	6,3	1/16
Vesta	23,9	2,7	—	—	0,2	—	—
Juno	19,9	2,6	—	—	0,2	—	—
Ceres	18,8	2,5	—	—	0,2	—	—
Pallas	18,8	2,5	—	—	0,2	—	—
Jupiter	7,3	1,7	9 55,7	39070	0,05	38,8	1/13
Saturn	2,9	1,3	10 16,0	33500	0,01	15,1	1/11
Uranus	1,0	1,0	—	—	0,003	14,6	—

Die Dauer der Rotation der Sonne beträgt 25½ Tag, und auf ihrer Oberfläche fallen die Körper in der ersten Secunde durch 430 Par. Fuß.

In den Entfernungen der Planeten von der Sonne findet eine auffallende Regelmäßigkeit statt, welche besonders in die Augen fällt, wenn man ihre mittleren Entfernungen ausdrückt, wie folgt. Es sei die mittlere Entfernung des Merkur von der Sonne = 4 (also ¼ dieser Entfernung = 1), so findet man die mittlere Entfernung der Venus = 7, der Erde = 10, des Mars = 16, der Ceres, Pallas, Juno und Vesta = 28, des Jupiter = 52, des Saturn = 100 und des Uranus = 196. Diese Zahlen lassen sich ausdrücken wie folgt:

Merkur	$4 + 0 \times 3 = 4$
Venus	$4 + 1 \times 3 = 7$
Erde	$4 + 2 \times 3 = 10$
Mars	$4 + 4 \times 3 = 16$
Vesta, Juno, Ceres, Pallas	$4 + 8 \times 3 = 28$
Jupiter	$4 + 16 \times 3 = 52$
Saturn	$4 + 32 \times 3 = 100$
Uranus	$4 + 64 \times 3 = 196$

Die mittleren Zahlen, welche sich ändern, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 sind die Potenzen der 2, d. h. diejenigen Zahlen, welche man erhält, wenn man erst die 1 mit 2, dann das Product wieder mit 2, das neue Product wieder mit 2 u. s. f. multiplicirt. Als die 4 klei-

nen Planeten, Vesta u. s. w. noch nicht entdeckt waren, fehlte in der Reihe der Planeten die Distanz $4 + 8 \times 3$, daher hielten die deutschen Astronomen, namentlich Bode, an der Ueberzeugung fest, daß zwischen Mars und Jupiter noch ein Planet sich finden müsse. Statt eines hat man bekanntlich vier Planeten entdeckt, deren mittlere Entfernung ziemlich dieselbe ist, obschon ihre wahren Entfernungen sehr von einander abweichen, so wie auch ihre größten und kleinsten Entfernungen von der Erde sehr verschieden sind. Da diese Planeten zuweilen sehr nahe zusammen kommen, und in der Planetenreihe dieselbe Stelle einnehmen, so liegt die Vermuthung nahe, daß dieselben vormals Einen Körper gebildet haben, der später durch irgend ein gewaltiges Naturereigniß auseinander gesprengt worden ist. Die Bahnen dieser Planeten zeichnen sich durch große Excentricität aus, so daß sie den Bahnen der Kometen nahe kommen, und durch einen großen Neigungswinkel gegen die Ekliptik. Während dieser Winkel bei den älteren Planeten nicht über 7 Grad beträgt, ist derselbe bei der Juno 13° und bei der Pallas sogar $34\frac{1}{2}$°. Damit hat dann der Thierkreis (s. d. Art.) seine alte Bedeutung verloren. —

Die Planeten scheinen sich übrigens sämmtlich ähnlich wie die Erde zu verhalten. Sie haben Atmosphäre und sind kugelförmige Körper, die aber im Verhältniß der Geschwindigkeit ihrer Axenumdrehung abgeplattet sind, aus demselben Grunde, aus dem die Erde abgeplattet ist. (S. d. Art. Erde).

Platina, Weißgold ist ein edles Metall, welches erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Europa bekannt ist, und seinen Namen von dem spanischen Plata, Silber, hat. Man fand es zuerst in Südamerika (Peru und Brasilien), dann aber auch im asiatischen Rußland am Ural. Es kommt stets gediegen vor, oder in Verbindung mit anderen Metallen, als Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, Gold, Eisen u. a. Das rohe Platin wird mit Königswasser behandelt, und so erhält man zuletzt eine graue, glanzlose, lockere, poröse Masse, welche Platinschwamm heißt, und die sich durch die Eigenschaft auszeichnet, in gewöhnlicher und noch niederer Temperatur die Verbindung von Wasserstoffgas mit Sauerstoffgas, so daß jenes brennt, zu bewirken, ohne dabei selbst verändert zu werden. Döbereiner hat ihn daher zu Herstellung von Feuerzeugen benutzt (s. d. Art. Feuerzeug S. 435.). Derselbe gibt zur Bereitung eines hierbei vorzüglich brauchbaren Platinschwammes die Regel, daß man Platinsalmiak (s. d. Folg.) mit concentrirtem Aetzammoniak befeuchte, und die teigige Masse, fest in einen Tiegel gestampft, bis zur Zerlegung glühe. Er verliert seine zündende Kraft durch verschiedene Substanzen, wenn sie mit ihm in Berührung kommen, als Kohle und alle kohlenhaltigen Substanzen, Fett, und am schnellsten durch Ammoniak und ammoniakhaltige Luft. Ein Platinschwamm welcher hierdurch seine Zündkraft verloren hat, erhält dieselbe durch Salpeter- und Salzsäure wieder, wenn man sie auch nur in Dunstform mit ihm in Berührung bringt. Eine gleiche, ja noch größere Zündkraft hat auch das Platin in Pulverform, das Pla-

tinschwarz, der Platinmohr. Dasselbe erhält man nach Liebig rein, wenn reines Halb-Chlorplatin mit starker Aetzkalilauge bis zur Auflösung erhitzt, und der vom Feuer entfernten Auflösung nach und nach Weingeist zugesetzt wird. Unter starkem Aufbrausen und Entwicklung einer ätherischen Flüssigkeit schlägt sich ein sammetschwarzes schweres Pulver nieder, welches wiederholt mit Wasser gekocht und so ausgewaschen wird, dann aber in einer Schale, ohne mit Papier in Berührung zu kommen, getrocknet wird. Döbereiner bringt 4 Theile salzsaures Platinoxydkali mit einer fast bis zum Sieden erhitzten Lösung von 3 Th. geschmolzenen reinen Aetzkali's in 12 bis 18 Th. schwachen Branntweins in einem weitem Glasgefäße in Berührung und läßt das Ganze an einem warmen, von der Sonne beleuchteten Orte unter öfterem Umrühren 8 Tage oder so lange in Berührung, bis sich aus dem schwarzen Niederschlage keine Luftblasen mehr entwickeln, und wäscht den Platinmohr mit reinem Wasser, auch etwas Essigsäure vollkommen aus. Nach einer anderen Methode erhitzt derselbe 16 Th. salzsauren Platinoxyds mit einer wässerigen Lösung von 40 bis 48 Th. krystallisirten kohlensauren Natron und 3 bis 4 Th. Zucker in einem Glaskolben und kocht das Gemische unter Umschwenken gegen 10 Minuten, wo Platinmohr gebildet ist, den man auswäscht. Auch durch Niederschlagen einer verdünnten Platinauflösung mit Zink erhält man ein ähnliches Pulver, das jedoch etwas abweichende Eigenschaften zeigt. — Befeuchtet man dieses pulverige Platin mit Alkohol oder bringt es mit Alkoholdämpfen bei Gegenwart atmosphärischer Luft in Berührung, so erhitzt es sich zuweilen bis zum Glühen, wobei der Weingeist in Essigsäure umgewandelt wird. Hierbei erhitzt sich Aether oft bis zum Entflammen, und dabei wird das Pulver nicht verändert und behält diese Eigenschaft beständig. Durch wiederholtes Glühen und Hämmern, oder wenn man es mit $\frac{1}{8}$ Arsenik zusammenschmilzt und dann an der Luft glüht, um den Arsenik zu vertreiben, und es hämmert, erhält man schmiedbares Platin. Das reine Platin ist von stahlgrauer ins Silberweiße gehender Farbe, von geringerem Metallglanz als Silber, und steht in der Härte zwischen Kupfer und Eisen. Es ist nach Silber und Gold das dehnbarste Metall, hat ein specif. Gewicht = 21,5 bis 21,74 und ist für sich im heftigsten Essenfeuer unschmelzbar, wird jedoch in der Weißglühhitze weich und läßt sich schweißen. Im Knallgasgebläse, im Focus starker Brennspiegel und durch eine starke galvanische Säule läßt es sich schmelzen. Es wird durch keine Säure, außer durch Königswasser (wegen seines Chlorgehalts) aufgelöst. Man braucht dasselbe namentlich zur Herstellung von Gefäßen, die zu chemischen Zwecken gebraucht werden, zu Tiegeln, Schalen, auch zu Spateln Löffeln, Zangen, Pincetten, wozu es sich seiner Eigenschaften wegen vorzüglich qualificirt. Man braucht es ferner zum Auslegen und Verbohren der Zündlöcher an Jagdgewehren, als Blech zum Belegen der Zündpfannen, zu Spitzen der Blitzableiter u. s. w. Seit 1827 hat man in Rußland Münzen aus Platina in Umlauf gebracht. Man verfertigt Platinablech und Platinadraht, den letzteren bis zu einer Dünnheit, daß man ihn kaum mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen

kann. Diesen Draht benutzt man namentlich zur Herstellung der Davyschen Glühlämpchen. Wenn man nämlich Weingeist oder Aether verdunsten läßt, und in den aufsteigenden Dampf ein etwas erwärmtes Blättchen Platinblech oder einen schraubenförmig gewundenen feinen Platindraht hält, so bewirken diese eine fortdauernde Verbindung der aufsteigenden Dämpfe mit dem Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft, erzeugen dadurch die Bildung einer eigenthümlichen, von der Art ihres Entstehens Lampensäure genannten gasförmigen Säure, und werden durch den fortdauernden langsamen Verbrennungsproceß im Zustande des Glühens erhalten. Man wickelt den feinen Platindraht um eine 1,5 Lin. dicke Glasröhre schraubenförmig und mit dichten Lagen über einander bis zur Höhe von 0,3 bis 0,5 Zoll, zieht das Gewinde herab, und stellt es auf den eben geschnittenen Docht einer gewöhnlichen Weingaslampe. Wird diese angezündet und nach der Erhitzung des Löckchens durch die Flamme wieder ausgeblasen, so zeigt sich letzteres bald nachher rothglühend, fast bis zum Weißglühen. Form und Größe der Lampe kommen hierbei nicht in Betrachtung; auch kann der Docht füglich entbehrt werden, wenn man nur das Löckchen so befestigt, daß es nicht zu sehr abgekühlt, der Weingeistdampf demselben dagegen stets zugeführt wird. Es genügt daher auch, statt der Lampe jedes beliebige Gläschen anzuwenden, und statt des Dochtes kann sogar eine bloße Glasröhre dienen, an welcher man das Löckchen befestigt; doch bleibt die erste Einrichtung die bequemste und beste. Man hat ferner versucht, das glühende Löckchen mit einem kleinen gläsernen Schornsteine (Camine, Glascylinder), wie die Argandschen Lampen, zu umgeben. Diese Lämpchen, welche sehr bequem als Feuerzeug, auch als Nachtlampen scheinen, haben den Nachtheil, daß sie sehr viel dunstförmige Lampensäure erzeugen, welche man sogleich durch den Geruch erkennt, und die Kopfschmerzen erregt. Man hat noch kein bequemes Mittel gefunden, diesem Uebelstande abzuhelfen. — In Königswasser aufgelöst und mit salzsaurem Ammoniak niedergeschlagen, erhält man ein Platinpulver, Malerplatina, welches zum Verplatiniren des Steingutes und des Porzellans genommen wird. Döbereiner verplatinirt Glas u. s. w., indem er Chlorplatin wiederholt mit Alkohol in gelinder Wärme behandelt, bis eine braune Masse entstanden ist, welche in der Hitze leicht verkohlt, aber in vielem Weingeist auflöslich ist. Die Geräthschaften taucht man in die geistige Auflösung, trocknet sie an der Luft, indem man sie immer so dreht, daß sich die Masse gleichförmig auf der Fläche vertheilt, und erhitzt sie nach dem Trocknen über der Weingeistflamme bis zum Glühen, wo das Glas u. s. w. mit einem schönen spiegelglänzenden Platinüberzug, der sehr fest anhängt, bedeckt ist. — Aus der Luft zieht Platin bei keiner Temperatur Sauerstoff an, so wie es auch durch keine Säure aufgelöst wird. Nur durch wässriges Chlor und Königswasser erhält man schwierig salzsaures Platinoxyd. Das Platin oxydirt sich ferner beim Schmelzen mit Alkalien oder Salpeter. Das Platinoxydul ist ein kohlenschwarzes, im wasserleeren Zustande graugrünes Pulver; das Platinoxyd ist als Hydrat ein hellbraunes Pulver, das durch Erhitzen dunkelbraun wird,

und bei noch stärkerem Erhitzen den Sauerstoff fahren läßt. Mit Säuren bildet es braune Salze, aus welchen Phosphor und die meisten Metalle regulinisches Platin abscheiden. Hydronthionsäure fällt die Lösungen schwarz, Salmiak und salzsaures Kali gelb. — Durch Auflösen des Platins in Königswasser erhält man salzsaures Platinoxyd oder Platinchlorid. Die Auflösung ist eine dunkelbraune Flüssigkeit von herbmetallischem Geschmack, welche die Haut braun färbt und aus der beim Verdunsten braune Krystalle anschießen. Beim Verdampfen zur Trockne bleibt eine rothbraune Masse zurück, einfach Chlorplatin, Platinchlorid. Wird es bis zum Schmelzen des Zinns erhitzt, so entweicht Chlor, und es bleibt halb Clorplatin, Platinchlorür, als eine olivengrüne Masse zurück, der man die letzten Antheile einfach Chlorplatin durch kochendes Wasser entzieht. Durch noch stärkere Hitze wird auch dieses zerlegt, Chlor entweicht und Platin bleibt. Auf trockenem Wege verbindet sich Platin mit Schwefel, Phosphor und Arsenik, mit den beiden letzteren unter Feuererscheinung. Der Platinsalmiak oder das salzsaure Platinoxyd-Ammoniak ist ein gelbes krystallinisches schwerlösliches Pulver. — Sechszehn Theile Kupfer, 1 Theil Zink und 7 Theile Platin geben ein Metallgemisch, welches dem Golde sehr ähnlich ist.

Platte, elektrische, elektrisches Quadrat ist jede Platte oder Tafel aus einer isolirenden Substanz (Glas, Siegellack, Harz) welche auf beiden Seiten mit einer leitenden Substanz (Zinnfolie) so belegt ist, daß ringsum ein isolirender Rand übrig bleibt, und daher eine Leidner Flasche (s. d. Art.) in ebener Form. Die elektrische Platte läßt sich daher auch ganz wie die Leidner Flasche laden und entladen. Zur Herstellung belegt man Glasplatten mit Zinnfolie oder Goldblättchen, die 1 bis 2 Zoll vom Rande abstehen, damit keine Selbstentladung stattfindet. Um Platten aus harziger Substanz zu belegen, legt man erst ein Stück Zinnfolie von passender Größe auf eine Marmorplatte, macht ringsum einen Rand von der Größe der zu gießenden Platte, gießt das geschmolzene Harz in die Form, läßt die Platte ziemlich erstarren glättet die obere Fläche mit einer Glasscheibe, und legt endlich die obere Zinnfolie auf den noch nicht erkalteten Kuchen und drückt sie gelind mit einem heißen Eisen an. Um den Leidner Versuch mit einer solchen Platte anzustellen, darf man nur die eine Seite der Tafel mit der Erde, die andere mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine verbinden, und wenn die Platte durch Drehung der Maschine geladen ist, eine leitende Verbindung der Belegung beider Seiten machen. Man kann z. B. das elektrische Quadrat auf eine Metallplatte legen, die durch eine Kette mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden, und auf einem Glasfuße isolirt ist. Legt man alsdann die Hand auf die obere Belegung des Quadrats, damit dieselbe nicht mehr isolirt sei, und dreht die Maschine, so wird die elektrische Platte eine sehr starke Ladung annehmen. Wollte man alsdann mit der andern Hand einen Funken aus dem Conductor oder der Kette ziehen, so würde die Platte augenblicklich mit einem starken Schlage durch den Körper entladen werden.

Man bedient sich aber zur Entladung lieber eines Ausladers (s. d. Art.), den man mit dem einen Knopfe auf die Platte aufsetzt, mit dem andern aber dem Conductor oder der Kette nähert. Faßt man hingegen die Platte am unbelegten Rande und in gehöriger Entfernung von den Belegungen an, so kann man sie sicher abheben, und geladen von einem Orte zum andern bringen. Sie bleibt lange Zeit geladen, wenn keine leitende Verbindung beider Seiten gemacht wird. — Wie bei der Flasche dienen die Belege der Platte nur dazu die Elektricität schnell und gleichmäßig über alle Theile der isolirenden Platte zu verbreiten, und bei der Entladung zugleich allen Punkten auf einmal die Elektricität zu entziehen. Wäre die Glasfläche ohne Belegung, so würde beim Laden die Elektr. nur zunächst derjenigen Glasstelle zugeführt werden, mit welcher der Zuleitungsdraht in unmittelbarer Berührung ist, und alle übrigen Stellen würden so gut wie ohne Ladung bleiben. Bei gehörigem Verfahren kann man indeß auch eine unbelegte Flasche oder Platte laden. Man halte eine reine und trockene Glasplatte an einer ihrer Ecken, und fahre mit ihr über die am positiven oder negativen Conductor durch einen Messingdraht befestigte hervorstehende Kugel, so daß jede Stelle des Glases nach und nach mit ihr in Berührung kommt, während man die Glasplatte auf der andern Seite mit dem Finger oder irgend einem andern mit dem Erdboden in Verbindung stehenden Leiter, der jedesmal an der Kugel anliegenden Stelle gegenüber, berührt. Die Glasplatte wird auf diese Art geladen, indeß zeigt sie ihre volle Ladung durch eine Explosion, wie andere belegte Glasplatten nur dann, wenn man vor Anbringung des Ausladers an ihre beiden Oberflächen Metallplatten anlegt, die auf einmal von allen Punkten der geladenen Glasfläche die Elektr. dem Auslader zuführen können, während bei Anbringung des Ausladers an die unbelegte Glasfläche die Entladung nur von jeder einzelnen Stelle aus, mit welcher der Auslader in Berührung kommt, mit einem kleinen Funken geschieht, deßwegen aber auch nach der Reihe viele solcher Entladungen erfolgen können, wenn man mit dem Auslader über die Glasplatte hinfährt. Noch schneller kann man die Ladung einer solchen unbelegten Glastafel bewirken, wenn man die Zuleiter, welche ihren beiden Flächen die entgegengesetzten Elektricitäten zuführen sollen, zuspitzt, und die Glastafel während der Elektrisirung zwischen ihnen hin und herführt.

Auch flüssige Körper können als Zwischenlage statt der Glasscheibe gebraucht werden. Man nehme eine irdene Schüssel mit flachem Boden, lege in dieselbe ein Stück Zinnfolie, das ringsum 1 Zoll schmäler ist als der Boden der Schüssel, und stecke durch eine Oeffnung im Boden einen dünnen Draht ein, der bis an die Zinnfolie reicht. Dann gieße man den elektrischen Körper, z. B. Oel, geschmolzenen Talg u. dgl. auf, und lasse eine messingene Platte, die mit der Zinnfolie einerlei Größe hat, von dem Conductor der Elektrisirmaschine in die Schüssel bis an die Oberfläche des flüssigen Körpers herabhängen, so daß sie gerade über die Zinnfolie kömmt, und mit derselben parallel hängt. So läßt sich der flüssige Körper laden, und zu Versuchen gebrauchen. Ja sogar eine Luftschicht kann an die Stelle

der isolirenden Platte gesetzt werden. Die Ladung einer Luftschicht wird dadurch bewirkt, daß man zwei mit Stanniol überzogene, recht ebene Breter einander gegenüber bringt, indem man das eine auf den Tisch legt und das andere an seidene Fäden aufhängt, genau parallel über dem ersteren, durch eine Luftschicht von einem Zoll davon getrennt, und dem letzteren durch die Maschine Elektr. zuführt. Hier wird man bei der Berührung beider Flächen eine starke Erschütterung erhalten, zum Beweise einer wirklich stattfindenden Ladung, und zwar auch dann, wenn man während der Anstellung des Versuchs durch einen Blasebalg die dazwischen befindliche Luft fortdauernd erneuert.

Polarisation des Lichtes. Unter den von Natur mit doppelter Brechung (s. d. Art.) begabten Körpern findet ein Unterschied statt, indem einige Eine, andere zwei Axen haben. Bei jedem Krystall mit doppelter Brechung gibt es nämlich eine oder zwei Richtungen, nach denen ein Lichtstrahl sich niemals theilt, sondern unzerspalten hindurchgeht. Diese Richtungen heißen die optischen Axen des Krystalles, oder kurz die Axen, und haben stets eine gewisse Symmetrie gegen die natürlichen Flächen der Krystallform. Die Krystalle, in deren Innern es nur Eine Richtung der Untheilbarkeit gibt, heißen Krystalle mit Einer Axe, wogegen die mit zwei Richtungen der Untheilbarkeit begabten Krystalle mit zwei Axen heißen. Es scheint keine regelmäßigen Krystalle mit mehr als zwei Axen zu geben. Bekanntlich spricht man auch in der Krystallographie (s. d. Art. Krystall) von Axen der Krystalle. Brewster hat das allgemeine Gesetz aufgestellt, daß bei den Krystallen mit Einer Axe die Axe der doppelten Brechung oder die optische Axe stets mit der krystallographischen Axe zusammenfällt. Bei den Krystallen mit Einer Axe heißt der Hauptschnitt eine durch die Axe gelegte Ebene, welche senkrecht auf irgend einer natürlichen oder künstlichen Fläche des Krystalles steht, wonach jeder Fläche des Krystalles ein eigener Hauptschnitt entspricht. Die Erfahrung hat nun gelehrt (s. d. Art. Brechung, doppelte), daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl stets in der Einfallsebene bleibt, wie der gewöhnlich gebrochene Strahl, sobald die Einfallsebene mit der Verlängerung des Hauptschnittes zusammenfällt. Ein Schnitt senkrecht auf die Axe ist jede im Innern des Krystalls liegende Ebene, welche senkrecht auf der Axe desselben steht. Wann ein Lichtstrahl einen solchen Schnitt zur Einfallsebene hat, so hat der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene Strahl denselben Schnitt auch zur Brechungsebene. In dieser Ebene allein haben der Sinus des Einfallswinkels und der Sinus des Brechungswinkels (s. d. Art. Brechung, doppelte) des ungewöhnlich gebrochenen Strahles ein constantes Verhältniß für jede Neigung, in welcher der Strahl einfällt. Dieses Verhältniß heißt der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles. Biot fand zuerst, daß der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles bei einigen Krystallen kleiner, bei anderen größer als der Brechungsexponent des gewöhnlich gebrochenen Strahles ist. Biot nannte

jene **abstoßende**, diese **anziehende** Krystalle; nach **Brewster** aber unterscheidet man **negative** und **positive** Krystalle, je nachdem der Brechungsexponent des ungewöhnlich gebrochenen Strahles kleiner oder größer als der gewöhnliche Brechungsexponent ist.

In folgender Tabelle sind einaxige Krystalle zusammengestellt, indem die Zeichen + und — sie als positiv oder negativ bezeichnen.

Lage und Charakter der optischen Axen in mehreren Krystallen.*)

a) Einaxige Krystalle.

Name des Krystalles.	Beschaffenheit der Axe.	Name des Krystalles.	Beschaffenheit der Axe.
Apatit	—	Kalk, salzsaurer	—
Apophyllit: für rothes Licht	—	Kalk-Magnesia, kohlensaure	
" für blaues	+	(Bitterspath)	—
		Kalkspath	—
Bergkrystall	+		
Beryll	—	Magnesiahydrat	+
Blei, phosphorsaures	—		
" phosphorarseniksaures	—	Nickelkupfer, schwefelsaures	—
Boracit	+		
		Rubellit	—
Corund	—	Rubin	—
Eis	+	Saphir	—
Eisenoxyd	+	Smaragd	—
		Strontianhydrat	—
Glimmer von Kariat	—	Strontian, salzsaurer	—
Idocras	—	Titanit	+
		Turmalin	—
Kali, arseniksaures	—		
" unterschwefelsaures	—	Wernerit	—
Kalkeisen, kohlensaures			
(Braunspath)	—	Zink, wolframsaures	+
" schwefelsaures	+	Zirkon	+
Kalkkupfer, essigsaurer	+		

*) Aus **Baumgartners Naturlehre**. Supplementband. Wien 1831.

Die Axen der zweiaxigen Krystalle lassen sich auf eine einfache Weise von der krystallographischen Axe nicht ableiten. Fresnel hat die Entdeckung gemacht, daß bei diesen Krystallen ein gewöhnlich gebrochener Strahl überhaupt nicht vorkommt, d. h. daß die beiden Strahlen, welche durch die Theilung des einfallenden Strahles entstehen, beide die allgemeinen Gesetze der einfachen Brechung nicht befolgen. Gesetzt PX und PX′ (Fig. 39.) seien die beiden Axen eines Krystalles, so ist XPX′ der Winkel oder die Neigung dieser Axen und die Linie PM, welche diesen Winkel halbirt, ist die mittlere Linie. Der senkrechte Schnitt auf die mittlere Linie, d. h. eine Ebene, welche auf PM senkrecht steht, ist eine solche, für welche der eine der beiden Strahlen nach den allgemeinen Gesetzen der Brechung gebildet wird. Die Linie PS, welche senkrecht auf PM steht, heißt die Supplementenlinie, weil sie den Supplementenwinkel X′PX des Axenwinkels halbirt (Ergänzungswinkel zu zwei Rechten). Für einen Schnitt senkrecht auf die Supplementenlinie wird der andere der beiden Strahlen nach den allgemeinen Brechungsgesetzen gebildet. Mit Hilfe dieser beiden Schnitte kann man die Brechungsexponenten der beiden Strahlen bestimmen. In nachstehender Tabelle sind Körper mit zwei Axen nebst den Winkeln, die diese Axen mit einander machen, zusammengestellt.*)

b) Zweiaxige Körper.

Name des Körpers.		Beschaffenheit der Hauptaxe nach Brewster.	Neigung der Axen.
Ammoniak, benzoesaures	Bw.	+	45° 8,
" "	Mx.	+	48 8
" kohlensaures	Bw.	—	43 24
" schwefelsaures	Mx.	......	49 42
Ammoniak-Magnesia: schwefelsaure	Bw.	+	51 22
Anhydrit	B.	......	44 41
"	Bw.	+	28 7
Apophyllit	Hers.	—	35 8

*) Diese weitere Erörterung der doppelten Brechung, welche zum Verständnisse der Polarisation nöthig, so wie die Zusammenstellung der Polarisationserscheinungen ist nach Pouillet Elemens de Physique experimentale. Sec. Edit. Paris 1832.

Name des Körpers.		Beschaffenheit der Hauptaxe nach Brewster.	Neigung der Axen.
Aragonit f. d. Strahl (Fig. 40.) H	Rud.	—	20° 25′ 6″
• • • • G	Rud.	......	20 12 6
• • • • F	Rud.	......	20 0 50
• • • • E	Rud.	......	19 53 0
• • • • D	Rud.	......	19 37 8
• • • • C	Rud.	......	19 33 14
• • • • B	Rud.	......	19 44 40
• • •	Bw.	—	18 18
Baryt, kohlensaurer..................		—	....
• schwefelsaurer..................	Bw.	+	37 42
• unterschwefelsaurer............	Mx.	......	sehr groß
Barythydrat.............................	Bw.	—	13 18
Bernsteinsäure..........................	Bw.	—	90 nahe
Blei, essigsaures........................	Bw.	—	70 25
• kohlensaures........................	Bw.	—	5 15
• •	Mx.	—	3 0
• schwefelkohlensaures.............		—	....
Borax, natürlicher (Tinkal).....	Bw.	+	38 48
• künstlicher........................	Bw.	+	28 42
Citronensäure...........................	Bw.	+	70 29
Comptonit...............................	Bw.	+	56 6
Cyanit....................................	Bw.	+	81 48
Cymophan...............................	Bw.	+	27 51
Dichroit..................................	Bw.	......	60 6
•	Mx.	......	62 80
Eisen, schwefelsaures.................	Bw.	......	90 0 nahe
Epidot....................................	Bw.	—	84 19
•	Mx.	......	87 19
Feldspath................................	Bw.	—	63 0
Glauberit, fur violettes Licht.........	Bw.	—	90
Glimmer..................................	B.	......	30
• andere Varietäten............	B.	—	31
• • •	B.	......	32
• • •	B.	......	34
• • •	B.	......	37
•	Bw.	—	14 0
•	Bw.	......	25 0
•	Bw.	—	6 0
• russischer.....	Mx.	......	40 41 55
Jolith.....................................	Bw.	—	62 50
Kali, blausaures........................	Bw.	+	19 24
• •	Mx.	+	19 34
• chlorsaures........................	Bw.	......	82 0
• kohlensaures......................	Bw.	......	80 30

Name des Körpers.		Beschaffenheit der Hauptaxe nach Brewster.	Neigung der Axen.		
Kali, salpetersaures	Bw.	—	5°	20′	
" "	Mx.	—	5	15	
" schwefelsaures,	Bw.	+	67	0	
" weinsteinsaures	Bw.	—	71	20	
Kali-Natron, weinsteinsaures	Bw.	+	80	0	
Kalk, schwefelsaurer, bei gewöhnlicher Temperatur	Mx.	—	60	0	
" " bei 58°. 8	Ml.	—	0	0	
Kupfer, salzsaures		—	84	30	
Lepidolith,	Bw.	—	45	0	
Magnesia, schwefelsaure	Bw.	—	37	24	
Magnesia-Eisen, salzschwefelsaures	Bw.	—	51	16	
Magnesia-Natron, schwefelsaures	Bw.	......	46	49	
Nickel, schwefelsaurer	Bw.	+	42	4	
Peridot	Bw.	......	87	56	
Perlmutter	Bw.	—	11	28	
Silber, salpetersaures	Bw.	+	62	16	
Soda, kohlensaure	Bw.	—	70	1	
" phosphorsaure	Bw.	—	55	20	
" unterschwefelsaure	Mx.	......	89	20	
Spermacet	Bw.	+	37	40	
Stilbit	Bw.	+	41	42	
Strontian, kohlensaurer	Bw.	—	6	56	
" schwefelsaurer	Bw.	+	50	0	
Talk	Bw.	—	7	24	
Topas, weißer	B.	......	49	1	20″
" "	Bw.	......	49	50	
" von Aberdeenshire		+	65	0	
" f. d. Strahl (Fig. 40.) H	Rud.	......	54	54	0
" " " " G	Rud.	......	55	34	24
" " " " F	Rud.	......	56	37	24
" " " " E	Rud.	......	56	40	30
" " " " D	Rud.	......	56	37	30
" " " " C	Rud.	......	56	3	0
" " " " B	Rud.	......	55	51	58
"	Bw.	+	65	0	
Weinsteinsäure	Bw.	—	79	0	nahe
Zink, salpetersaures	Bw.	......	40	0	
" schwefelsaures	Bw.	—	44	28	
Zucker	Bw.	—	50	0	

Wenn man von einem gegebenem Punkte in einem Krystalle aus sich nach allen möglichen Richtungen gerade Linien gezogen denkt, so ist klar, daß ein Lichtstrahl durch diesen Punkt so gehen kann, daß er nacheinander in jeder dieser Richtungen liegt. In einem Krystall mit Einer Axe wird der gewöhnliche Strahl immer dieselbe Geschwindigkeit haben (nach der Undulationstheorie s. d. Art. Licht), welches auch die Richtung sein mag, in der er durch jenen Punkt hindurch geht; während daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl eine Anzahl verschiedener Geschwindigkeiten haben wird, welche innerhalb zweier bestimmter Grenzen liegen. In einem Krystalle mit 2 Axen werden die Geschwindigkeiten sich mit den Richtungen ändern, sowohl in Bezug auf den einen, wie auf den andern der beiden Strahlen, und diese Geschwindigkeiten werden sich nach verschiedenen Gesetzen ändern. Huyghens hat eine geometrische Construction angegeben, mit deren Hilfe man zugleich alle Geschwindigkeiten des ungewöhnlich gebrochenen Strahles und alle entsprechende Lagen desselben gegen den gewöhnlich gebrochenen Strahl findet; aber diese Construction läßt sich nur auf die Krystalle mit Einer Axe anwenden. Fresnel entdeckte zuerst die Ursache der Polarisation, der doppelten Brechung und das allgemeine Gesetz dieser Phänomene in allen Krystallen. *)

---

*) Die Geschwindigkeiten der beiden Strahlen, welche durch doppelte Brechung entstehen, sind (nach Fresnel) folgende:

$$V^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 \tfrac{1}{2} (A' - A)$$
$$V'^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 \tfrac{1}{2} (A'^2 + A)$$

In diesen Formeln bezeichnet V die gewöhnliche Geschwindigkeit; V′ die ungewöhnliche Geschwindigkeit; A den Winkel des Strahles mit der ersten Axe; A′ den Winkel des Strahles mit der zweiten Axe; D bei den Krystallen mit Einer Axe die gewöhnliche Geschwindigkeit, bei den Krystallen mit 2 Axen die constante Geschwindigkeit (entsprechend dem constanten Brechungsexponenten) in dem Schnitt senkrecht auf die Supplementenlinie; D′ bei den Krystallen mit Einer Axe die ungewöhnliche Geschwindigkeit, bei den Krystallen mit 2 Axen die constante Geschwindigkeit in dem Schnitte senkrecht auf die mittlere Linie. Zum besseren Verständnisse der Formeln dient folgende Betrachtung einzelner Fälle.

1) Krystalle mit Einer Axe. Wenn die beiden Axen zu Einer sich vereinigen, so reduciren sich die Winkel A und A′ gleichsam auf Eine Größe; d. h. A = A′. Somit hat man für die Krystalle mit Einer Axe einfach

$$V^2 = D^2$$
$$V'^2 = D^2 + (D'^2 - D^2) \sin.^2 A.$$

Die erste Gleichung drückt aus, daß die gewöhnliche Geschwindigkeit V in allen Richtungen constant und stets = D ist. — Die zweite Gleichung zeigt an, daß die ungewöhnliche Geschwindigkeit V′ von dem Winkel A abhängt, welchen der ungewöhnliche Strahl mit der Axe macht. — Wenn dieser Strahl in dem Schnitte senkrecht auf die Axe sich befindet, so hat man A = 90° und $\sin.^2 A = 1$, woraus folgt V′ = D′, welches zeigt,

Wenn ein Lichtbüdel von einer Glasplatte zurückgeworfen wird, indem es mit der Oberfläche einen Winkel von 35° 25′ macht, so sagt man, daß es **polarisirt** sei, weil es sodann besondere Eigenthümlichkeiten zeigt, welche man beim natürlichen Lichte niemals bemerkt. Von diesen Eigenthümlichkeiten sind namentlich folgende drei charakteristisch.

1) Wenn es durch ein doppelt brechendes Prisma geht, so gibt es nur **Ein Bild**, sobald der Hauptschnitt dieses Prismas parallel

---

daß in diesem Schnitte die ungewöhnliche Geschwindigkeit (daher der Brechungsexponent s. oben) constant ist. — Diese beiden Werthe von D und D′ sind die beiden Grenzen der ungewöhnlichen Geschwindigkeit; der eine ist ihr Maximum, der andere ihr Minimum. — Wenn der Strahl parallel der Axe sich bewegt, so hat man $A = 0$ und $\sin.^2 A = 0$, woraus folgt, daß $V' = D$. Also ist in dieser Richtung, und allein in dieser die ungewöhnliche Geschwindigkeit gleich der gewöhnlichen. (Welches eben soviel ist, als in dieser Richtung findet eine Spaltung des Strahles überhaupt nicht statt.)

Nach der hier zu Grunde liegenden Undulationshypothese ist der Brechungsexponent nichts anderes, als das directe Verhältniß der Geschwindigkeiten, und wenn wir die Geschwindigkeit des Lichtes im leeren Raume $= 1$ nennen, so wird $\frac{1}{D'}$ der Brechungsexponent des ungewöhnlichen Strahles in dem Schnitte senkrecht auf die Axe sein, während $\frac{1}{D}$ der Brechungsexponent des gewöhnlichen Strahles ist. Der Charakter der negativen Krystalle wird daher sein $\frac{1}{D'} < \frac{1}{D}$ oder $D' > D$ und der Charakter der positiven $\frac{1}{D'} > \frac{1}{D}$ oder $D' < D$. Im ersten Falle ist $D'^2 - D^2$, der Coefficient von $\sin.^2 A$, positiv und das Maximum von V' entspricht dem Falle, wo man hat $\sin.^2 A = 1$ oder $A = 90°$, während das Minimum entspricht dem Falle wo $\sin. A = 0$ oder $A = 0$ ist. Im zweiten Falle ist im Gegentheile $D'^2 - D^2$ negativ und dem Minimum von V' entspricht der Fall $A = 90°$ und das Maximum dem Fall $A = 0$. Der ungewöhnliche Strahl erlangt also stets seine größte und seine geringste Geschwindigkeit dann, wenn er sich in der Richtung der Axe und in senkrechtem Schnitte auf der Axe fortpflanzt. Aber bei den negativen Krystallen findet das Maximum statt im Schnitte senkrecht auf die Axe, das Minimum in der Richtung der Axe, und das entgegengesetzte ist der Fall bei den positiven Krystallen.

2) **Krystalle mit 2 Axen.** Wenn der Strahl in dem Schnitte senkrecht auf die Supplementenlinie PS (Fig. 30.) ist, so macht er offenbar stets gleiche Winkel mit jeder der Axen PX und PX′, also daß $A = A'$, $\sin.^2 \frac{1}{2} (A' - A) = 0$ ist, und V^2 sich reducirt auf $V^2 = D^2$ oder $V = D$. So ist also D in diesem Falle der Ausdruck der Geschwindigkeit, und in dieser Beziehung werden alle diejenigen Geschwindigkeiten,

oder senkrecht ist gegen die Reflexionsebene, während es zwei Bilder von größerer oder geringerer Intensität in jeder anderen Stellung gibt.

2) Es erleidet keine Zurückwerfung, wenn es auf eine zweite Glasplatte unter demselben Winkel von 35° 25′ fällt, sobald die Einfallsebene auf diese zweite Platte senkrecht ist gegen die Einfallsebene auf die erste, während es in anderen Ebenen und bei anderen Einfallswinkeln theilweise zurückgeworfen wird.

3) Es ist unfähig senkrecht durch eine Turmalinplatte hindurchzugehen, deren Axe parallel der Reflexionsebene ist, während es mit steigender Intensität hindurchgeht, je mehr die Axe des Turmalin sich der senkrechten Stellung gegen die Reflexionsebene nähert.

Um diese Eigenthümlichkeiten durch den Versuch zu zeigen, kann man sich des in Fig. 41., 42., 43. und 44. abgebildeten Apparates bedienen. TT′ (Fig. 41.) ist eine Röhre von Kupfer, die auf einem Fuße steht. DD′ ist ein Diaphragma im Innern der Röhre. GG′ ist ein Reflector von Glas und zwar von schwarzem Glase, um die Zurückwerfung an der zweiten Oberfläche zu vermeiden. Er kann fest oder beweglich sein, im ersten Falle muß er eine solche Stellung haben, daß die Axe der Röhre einen Winkel von 35° 25′ mit ihm macht. NN′ (Fig. 42.) ist ein Ring, welcher mit sanfter Reibung über das Ende der erwähnten Röhre geschoben, und auf derselben rechts und links gedreht werden kann. Dieser Ring ist an die Fassung des

---

welche durch die verschiedenen Werthe von V gegeben werden, gewöhnliche Geschwindigkeit genannt. — Bewegt sich dagegen der Strahl in dem Schnitte senkrecht auf die mittlere Linie PM, so ist die Summe der Winkel A und A′ stets = 2 R. und $\sin.^2 \frac{1}{2}(A + A') = 1$, mithin $V'^2 = D'^2$ oder $V' = D'$.

Daher stellt D′ die Geschwindigkeit des Strahles in diesem Schnitte dar, und wir nennen alle diejenigen ungewöhnliche Geschwindigkeiten, welche durch die Werthe von V′ gegeben sind. — Wenn D′ größer als D ist, so findet das Minimum der Geschwindigkeit für $A' = A$ statt, oder für $V = D$, und das Maximum, wenn $A' - A$ am größten ist, welches in der Ebene der Axen der Fall ist. — Das Minimum wird das Maximum und umgekehrt, wenn D größer als D′ ist. Die Maximum und Minimum des ungewöhnlichen Strahles ergeben sich auch für $V' = D'$, und mithin für den Fall, wo der Strahl in der Ebene der Axen liegt, aber sie gehen gleichfalls in einander über, je nachdem D′ größer oder kleiner als D ist. — Man kann noch die Bemerkung machen, daß in allen Fällen der Unterschied der Quadrate der Geschwindigkeiten ausgedrückt ist durch die Formel

$$V'^2 - V^2 = (D'^2 - D^2) \sin. A' \sin. A$$

d. h. sobald die beiden Strahlen, der gewöhnliche und der ungewöhnliche eine gemeinschaftliche Richtung haben, sind die Unterschiede der Quadrate ihrer Geschwindigkeiten proportional dem Producte der Sinus der Winkel, welche jeder von ihnen mit den beiden Axen macht

Prisma PP' befestigt. PP' ist ein achromatisches Prisma mit doppelter Brechung. Es besteht aus einem Prisma von Kalkspath oder Bergkrystall und einem Prisma von Glas, welches zur Achromatisirung dient. NN' (Fig. 43.) ist ein dem vorigen ähnlicher Ring; er trägt zwei Querstücke R und R', die an ihren Enden Zapfen A und A' haben, um welche das Spiegelglas FF' beweglich ist. NN' (Fig. 44.) ist noch ein dem vorigen ähnlicher Ring, der die Fassung einer Glasplatte VV' mit parallelen Seitenflächen trägt, und auf dieser Platte ist die Turmalinplatte MM' befestigt, deren beide Flächen der Axe parallel sind. Wenn die Röhre TT' (Fig. 41.) passend gestellt ist, so daß das Licht des Himmels oder das weiße Licht der Wolken auf den Reflector GG' fällt, so ist klar, daß der längs der Axe der Röhre zurückgeworfene Strahl mit der reflectirenden Fläche einen Winkel von 35° 25' macht. Um dieses Lichtbündel zu beobachten, bringt man den Ring NN' (Fig. 42.) auf das Ende der Röhre, und betrachtet durch das achromatische Prisma PP' das Bild des Diaphragma DD'. Dieses Bild wird anfangs noch doppelt erscheinen können, wenn das Licht, welches es hervorbringt, nicht zurückgeworfen und nicht polarisirt wäre. Wenn man aber den Ring NN' dreht, und mit dem Ringe das Prisma, so wird man rechtwinklich gegen einander stehende Stellungen finden, für welche das Bild des Diaphragmas aufhören wird doppelt zu erscheinen, und es wird leicht sein, zu bemerken, daß diese Erscheinung dann eintritt, wenn der Hauptschnitt des Prisma parallel und wenn er senkrecht gegen die Reflectionsebene ist. Um diese Stellungen mit größerer Genauigkeit zu bestimmen, ist das Ende SS' der Röhre auf dem Umfange in 360 Grade getheilt, und jeder der Ringe, welche auf die Röhre aufgepaßt werden, trägt ein Merkzeichen, mit Hilfe dessen man die Winkel messen kann. Um die zweite Eigenthümlichkeit des polarisirten Lichtes zu beobachten, bringt man an die Stelle des Ringes Fig. 42. den Ring Fig. 43. Dann gibt man dem Reflector FF', welchen er trägt, eine solche Neigung, daß das reflectirte Lichtbündel ihn trifft, indem er mit seiner Oberfläche einen Winkel von 35° 25' macht, und bringt das Auge in eine passende Stellung, um das Bild des Diaphragma DD' zurückgeworfen auf FF' zu erblicken. Hierauf dreht man den Ring NN' langsam, um die Neigung des Spiegelglases zu verändern, und man wird bald eine Stellung finden, in welcher das zurückgeworfene Bild vollkommen ausgelöscht ist; indem man an der dem Merkzeichen entsprechenden Gradtheilung abliest, wird man leicht bestätigt finden, daß die Reflexionsebene senkrecht auf der ersten Ebene ist. Um endlich noch die dritte Eigenthümlichkeit zu zeigen, muß man die Turmalinplatte (Fig. 44.) an das Ende der Röhre TT' bringen. Man beobachtet wieder das Bild des Diaphragma DD', und indem man den Ring in dem einen oder in dem anderen Sinne dreht, sieht man dieses Bild nach und nach schwächer werden, bis es endlich ganz verschwindet. In diesen Augenblicken ist die Axe des Turmalin parallel der Reflexionsebene auf dem ersten Reflector GG'. Die Erscheinungen, welche sich durch Reflexion auf dem Glase entwickeln, entwickeln sich nach gewissen Gesetzen auf

allen zurückwerfenden Oberflächen. Von den drei angegebenen charakteristischen Eigenthümlichkeiten der polarisirten Lichtstrahlen zieht eine jede die beiden anderen nach sich; daher braucht man an einem Lichtstrahl nur die eine derselben wirklich betrachtet zu haben, um davon überzeugt zu sein, daß er polarisirt ist. Man ist übereingekommen, die Ebene, nach welcher das Licht zurückgeworfen ist, welches durch Reflexion polarisirt worden, die Polarisationsebene zu nennen. Da es jedoch der Fall sein kann, daß man einen polarisirten Strahl zu beobachten hat, dessen Ursprung man nicht kennt, so wird es nothwendig sein, noch ein zweites Merkmal anzugeben, an welchem die Polarisationsebene zu erkennen ist. Hierzu ist die Turmalinplatte sehr geeignet. Wenn ein Lichtstrahl beim Hindurchgehen durch den Turmalin verlischt, so ist die Polarisationsebene parallel der Axe der Platte; wenn im Gegentheil ein Strahl beim Durchgehen durch den Turmalin sein Maximum der Intensität hat, so ist seine Polarisationsebene senkrecht auf der Axe der Platte.

Wie mit dem Lichte der Wolken, so können die angeführten Versuche auch mit jedem anderen künstlichen oder natürlichen Lichte angestellt werden; man kann unter gewissen Bedingungen sogar Experimente anstellen, welche von mehreren Beobachtern zugleich wahrgenommen werden können. Zu diesem Zwecke paßt man an die Röhre TT' (Fig. 41.) ein Rohr mit Charnier, welches ein mattgeschliffenes Glas trägt, das passend gerichtet werden kann, um die durchgelassenen Bilder aufzunehmen, sie mögen nun durch das Prisma kommen, oder durch das zweite Spiegelglas, oder durch die Turmalinplatte; nur wenn die Bilder einen sehr lebhaften Glanz haben, verschwinden sie niemals auf eine so vollständige Weise.

Die Polarisation wurde zuerst von Malus im Jahre 1810 entdeckt. Da man damals in der Optik nur von Licht-Molecules sprach, so wurden die angegebenen Erscheinungen, welche bei der Zurückwerfung des Lichtes unter einem gewissen Winkel stattfinden, so erklärt, daß man annahm, alle jene Molecules würden auf dieselbe Weise gedreht, und daß sie folglich Drehungsaxen haben müßten und Pole, um welche ihre Bewegungen unter gewissen Einflüssen geschehen könnten. So entstand das Wort Polarisation, welches anzeigte, daß die Pole bei allen Molecules auf dieselbe Weise gerichtet oder angeordnet wären.

Das natürliche Licht wird polarisirt, wenn es unter gewissen Bedingungen durch eine Reihe von Glasplatten mit parallelen Flächen hindurchgeht, und seine Polarisationsebene ist dann senkrecht auf die Einfallsebene. Um dieß nachzuweisen, ordnet man vier oder fünf Platten Spiegelglas (Fig. 45.) parallel neben einander, und befestigt sie an das Ende einer kupfernen Röhre, ähnlich der in Fig. 41. Die Säule Glastafeln vertritt die Stelle des Reflectors GG', und wenn man den durch diesen Apparat hindurch gesendeten Lichtstrahl untersucht, indem man ihn durch eines der drei oben angezeigten Mittel beobachtet, so kann man leicht erkennen, daß er polarisirt ist, sobald er in die Glasscheiben so eindringt, daß er mit ihren Oberflächen einen Winkel von

35° 25′ macht; und da er sein Maximum an Intensität dann hat, wenn die Axe des Turmalin parallel ist der Einfallsebene, so schließt man daraus, daß die Polarisationsebene senkrecht auf jene Ebene ist. Wenn das Licht sehr lebhaft ist, so ist es nicht vollständig polarisirt, und man muß dann eine größere Anzahl von Glasplatten anwenden. Die anderen durchscheinenden und nicht krystallisirten Körper bieten analoge Erscheinungen dar, aber um das Maximum der Polarisation zu erhalten, muß je nach der Natur der Substanzen der Einfall verschieden stattfinden.

Die beiden Lichtbündel, welche das natürliche Licht giebt, wenn es durch den Hautschnitt eines Krystalles geht, sind beide polarisirt, der erste in der Einfallsebene, der zweite senkrecht auf diese Ebene. Man kann den Versuch mit einem Kalkspathrhomboid anstellen, oder mit einem doppeltbrechenden Prisma, welches man an das Ende einer Röhre befestigt, die der in Fig. 41. ähnlich ist. RR′ (Fig. 46.) stellt das Rhomboid vor, und DD′ ein Diaphragma mit sehr kleiner Oeffnung. Beobachtet man mit bloßem Auge durch das andere Ende der Röhre, so erblickt man zwei Bilder der Oeffnung des Diaphragma; aber wenn man durch die Turmalinplatte nach und nach jedes dieser Bilder beobachtet, so erkennt man leicht, daß das gewöhnliche Bild (das, welches in der Axe liegt und nicht abgelenkt ist) sein Maximum der Intensität dann erreicht, wann die Axe des Tumalin senkrecht auf den Hautschnitt des Rhomboids ist, und daß es dagegen verlischt, wenn die Axe des Turmalin in der Ebene des Hauptschnittes selbst liegt. Das ungewöhnliche Bild (das, welches außerhalb der Axe ist und abweicht) bietet genau die entgegengesetzten Erscheinungen dar. Hieraus ergibt sich natürlich ein sicheres Mittel, das gewöhnliche und ungewöhnliche Bild zu unterscheiden. — Sobald irgend eine Oberfläche durch ein lebhaftes Licht erleuchtet ist, so sind die unregelmäßig reflectirten Strahlen, welche die Oberfläche nach allen Richtungen entsendet, theilweise polarisirt, in einer Ebene senkrecht auf die Ausstrahlungsebene. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man nur in ein finsteres Zimmer ein Büschel Sonnenlicht auf eine mehr oder weniger gut polirte Oberfläche fallen zu lassen, und diese Oberfläche mit einer Turmalinplatte zu betrachten, die man in ihrer Ebene dreht, um die Axe bald parallel bald senkrecht auf die Ausstrahlungsebene der Strahlen zu machen. Im ersten Falle wird der Glanz der Oberfläche bedeutend lebhafter sein, als im zweiten, welches beweist, daß das Licht polarisirt ist, aber nur zum Theil polarisirt ist.

Es wurde vorhin gesagt, daß das Glas das Licht vollkommen polarisirt, wenn dieses von jenem unter einem Winkel von ungefähr 35° gegen die Oberfläche, oder von 55° mit dem Einfallslothe zurückgeworfen wird; dieser Winkel heißt der Polarisationswinkel. Es gibt reflectirende Substanzen, welche bei keinem Einfallswinkel das Licht vollständig polarisiren; dann heißt der Polarisationswinkel derjenige, welcher die größte Quantität polarisirten Lichtes gibt. Arago wendet folgende Art an, um den Polarisationswinkel für jede Substanz zu bestimmen. Ungefähr in der Mitte eines ziemlich weiten Zimmers wählt man in geeig-

neter Höhe einen Punkt, wo horizontal ein Repetitionskreis oder ein anderes Instrument zum Winkelmessen aufgestellt wird. Um von einem bestimmten Punkte als Nullpunkt auszugehen, zeichnet man auf die Wände Eintheilungen, welche den verschiedenen Graden des Kreises und ihren Bruchtheilen entsprechen. Hierauf nimmt man den Repetitionskreis weg und befestigt genau in dem Punkte, in welchem sich der Mittelpunkt desselben befand, einen kleinen Träger, welcher bestimmt ist, die verschiedenen Substanzen aufzunehmen, welche man in Untersuchung ziehen will. Gesetzt wir hätten es mit einem Topas zu thun. Ein angezündetes Wachslicht ist ganz in die Nähe einer der Eintheilungen der Wand gestellt, z. B. bei dem Theilstriche 0, und man beobachtet die Flamme durch Zurückwerfung auf der Oberfläche des Topases. Zuerst muß diese Oberfläche vertical gestellt werden, weßwegen man sie so lange auf dem weichen Wachse, welches den Topas trägt, verstellt, bis das zurückgeworfene Bild genau in gleicher Höhe mit der Flamme ist. Hierauf dreht man den kleinen Träger selbst um seine verticale Axe. Mit dem Auge verfolgt man das zurückgeworfene Bild, indem man es mit einer Turmalinplatte oder mit einem doppeltbrechenden Prisma beobachtet, und man erkennt leicht die Lage der vollkommenen Polarisation oder der Polarisation im Maximum. In diesem Punkte macht man Halt; man beobachtet den Theilstrich der Wand, auf welchen die Verlängerung des reflectirten Strahles trifft, und die halbe Winkelentfernung zwischen diesem Theilstriche und dem der Flamme gibt den Winkel des einfallenden Strahles mit der Oberfläche; das Complement dieses Winkels ist der Polarisationswinkel vom Einfallslothe gerechnet.

Auf diese oder eine ähnliche Weise wurden folgende Resultate erhalten. Neben der Columne, welche die beobachteten Winkel enthält, steht eine andere der berechneten Winkel, welche Berechnung nach dem Gesetze geschieht, auf welchem die Polarisation beruht.

Namen der Substanzen.	Winkel der Polarisation im Maximum		Differenzen.
	beobachtet	berechnet	
Luft	45°	45° 0′ 32″	
Wasser	52 45′	53 11	— 0° 26′
Flußspath	54 50	55 9	— 0 19
Obsidian	56 3	56 6	— 0 3
Schwefels. Kalk	56 28	56 45	— 0 17
Bergkrystall	57 22	56 58	+ 0 24
Opalglas	58 1	58 33	— 0 32
Topas	58 40	58 34	+ 0 6
Perle	58 47	58 50	— 0 3
Kalkspath	58 23	58 51	— 0 28
Orangef. Glas	59 12	59 28	— 0 16

Namen der Substanzen	Winkel der Polarisirung im Maximum		Differenzen.
	beobachtet	berechnet	
Rubin Spinell........	60° 16′	60° 25′	— 0 9′
Zirkon..............	63 8	63 0	+ 0 8
Antimonglas..........	64 45	64 30	+ 0 15
Natürl. Schwefel.....	64 10	63 45	+ 0 25
Diamant..............	68 2	68 1	+ 0 1
Chromsaures Blei.....	67 42	68 3	— 0 21

Brewster, der eine große Anzahl von Beobachtungen mit einander verglich, hat das einfache Gesetz entdeckt, daß: die Tangente des Polarisationswinkels gleich dem Brechungsexponenten ist, welches durch die Formel tang. $P = N$, ausgedrückt ist, indem P den Polarisationswinkel, N den Brechungsexponenten bezeichnet. Nach dieser Formel sind die Winkel in vorstehender Tabelle berechnet, umgekehrt kann man auch aus dem beobachteten Polarisationswinkel einer Substanz den Brechungsexponenten derselben berechnen. Da die doppelt brechenden Substanzen Brechungsexponenten haben, welche sich mit der Größe der Einfallswinkel und mit der Einfallsebene verändern, so ist voraus zu sehen, daß die Polarisationswinkel hier einige besondere Erscheinungen darbieten werden. Da die Brechungsexponenten verschiedene Werthe für die verschiedenen Farben haben, so werden die Strahlen des Farbenbildes unter verschiedenen Winkeln polarisirt werden. Man kann dieß durch den Versuch nachweisen, indem man, um das polarisirte Lichtbündel zu empfangen, eine zweite Platte aufstellt, welche es vollkommen absorbirt oder vollkommen durchläßt. Man wird in dem finstern Zimmer leicht sehen, daß es stets ein schwaches durch die zweite Platte zurückgeworfenes Licht gibt, und daß sie gefärbt erscheint, bald roth, bald blau, je nachdem die Einfallswinkel für die Polarisation des blauen oder des rothen Lichtes eingerichtet sind. — Das vorerwähnte Gesetz kann auch noch eine andere Form erhalten. Man kann sagen, daß der Polarisationswinkel derjenige ist, für welchen der zurückgeworfene Strahl senkrecht auf den gebrochenen Strahl ist. Bezeichnet nämlich P stets den Winkel der vollkommenen Polarisation, R den entsprechenden Brechungswinkel, N den Brechungsexponenten, so haben wir die zwei Gleichungen $\tan P = N$ und $\sin P = N \sin R$. Die erste gibt $\sin P = N \cos P$, also $\cos P = \sin R$, folglich sind die Winkel P und R, der eine das Complement des anderen, d. h. $P + R = 90°$. Da nun $P + R$ der Ergänzungswinkel (zu 180°) des Winkels ist, den der reflectirte Strahl mit dem gebrochenen macht, so muß endlich dieser Winkel auch ein Rechter sein. — Das Licht wird nicht nur auf der ersten Oberfläche der Körper polarisirt, sondern auch im Innern ihrer Masse, durch die Reflection die es auf ihrer zweiten Oberfläche (der Hinterfläche) erleidet. Dieser Polarisationswinkel ist durch dasselbe Gesetz bestimmt; nur

daß, da der Brechungsexponent dann $\frac{1}{N}$ ist, die Tangente des Polarisationswinkels auch $= \frac{1}{N}$ sein muß. Nehmen wir hiernach eine Platte mit parallelen Flächen an, auf welche ein Lichtbündel falle, mit dem Polarisationswinkel P. Der durchgelassene Theil wird auf der zweiten Oberfläche unter einem Winkel R zurückgeworfen, und man hat die beiden Gleichungen sin. P $=$ N sin. R und sin. P $=$ cos. R, woraus folgt, daß tang. R $= \frac{1}{N}$. Das Licht also, welches auf der ersten Fläche einer Platte mit parallelen Seiten polarisirt wird, gibt einen gebrochenen Lichtbüschel, welcher darauf nach der zweiten Fläche hingeht, und vollständig polarisirt wird.

Es wurde oben gesagt, daß eine wesentliche Eigenthümlichkeit des polarisirten Lichtes sei, daß es keine Reflexion erleidet, wenn es auf eine zurückwerfende Fläche fällt, unter der zweifachen Voraussetzung, daß die Einfallsebene senkrecht auf die Polarisationsebene, und daß der Einfallswinkel gleich dem Polarisationswinkel sei. Bezeichnet man mit T die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes, so hat man in diesem Falle $T = 0$. Aber da der Einfallswinkel derselbe bleibt, wenn man die reflectirende Oberfläche so dreht, daß die Einfallsebene sich nach und nach der Polarisationsebene nähert, so wird die Intensität des Lichtes ununterbrochen zunehmen, und ihr Maximum erreichen, sobald jene beiden Ebenen zusammenfallen, so daß ihr Winkel auf 0 reducirt ist. Bezeichnet man dieß Maximum durch M, so hat man für diese äußerste Stellung $T = M$. Bei der Unmöglichkeit durch den Versuch das Gesetz dieser Zunahme der Intensität zu bestimmen, hat es Malus durch die Formel

$$T = M \cos.^2 A$$

auszudrücken gesucht, worin T und M die angegebenen Bedeutungen haben und A den veränderlichen Winkel bezeichnet, welchen die Einfallsebene mit der Polarisationsebene macht. Dieser Winkel liegt stets zwischen 0° und 180°. Die Versuche haben die Richtigkeit dieser Formel bestätigt. Für $A = 0°$ findet man: $T = M$; für $A = 45°$ hat man: $T = \frac{M}{2}$ und für $A = 90°$ ergibt sich: $T = 0°$. Dieses von Malus aufgestellte Gesetz führt zu der Folgerung: daß ein natürliches Lichtbündel betrachtet werden kann als zusammengesetzt aus zwei Lichtbündeln von gleicher Intensität und im rechten Winkel polarisirt, indem folglich das eine seine Polarisationsebene rechts, das andere links von der Einfallsebene hat. Wenn nämlich die Polarisationsebene des ersten dieser Bündel einen Winkel A mit der Einfallsebene macht, so wird die Polarisationsebene des zweiten einen Winkel von $90° - A$ machen. Die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes im ersten wird sein $M \cos.^2 A$; im zweiten $M \cos.^2 (90° - A)$ oder $M \sin.^2 A$; also die Summe beider Intensitäten folglich $M (\cos.^2 A + \sin.^2 A)$; d. h. sie wird dieselbe bleiben und

stets unabhängig von A sein oder von den verschiedenen Richtungen der Einfallsebene gegen den Strahl; welches in der That das Wesen des natürlichen oder nicht polarisirten Lichtes ist. — Wann ein polarisirtes Lichtbündel sich darbietet, um durch eine Turmalinplatte zu gehen, so wissen wir, daß in einer gewissen Stellung der Platte, das Lichtbündel vollkommen absorbirt wird, und die Intensität des durchgelassenen Lichtes $= 0$ ist; während in der senkrechten Stellung der größte Theil des Bündels durchgelassen wird, und die Intensität ihr Maximum erreicht. Die Intensitätszunahmen sind vorgestellt durch die Formel:

$$T = M \cos.^2 A.$$

— Wir haben endlich gesehen, daß ein polarisirter Lichtstrahl, der durch ein doppelt brechendes Prisma geht, zwei Lichtbündel bewirkt, ein gewöhnliches und ein ungewöhnliches, und daß die relative Intensität dieser Bündel immer von dem Winkel A abhängt, welchen der Hauptschnitt des Prisma mit der Polarisationsebene macht. Wenn $A = 45°$, so sind die beiden durchgelassenen Lichtbündel gleich; wenn $A = 0°$, so ist das gewöhnliche im Maximum und das ungewöhnliche auf 0; das Gegentheil findet statt, wenn $A = 90°$. Die relativen Intensitäten dieser Bündel sind ebenfalls gemäß dem Gesetze von **Malus** dargestellt, der gewöhnliche Strahl durch $T = M \cos.^2 A$, der ungewöhnliche Strahl durch $T = M \sin.^2 A$. — Dann ist M die Intensität des einfallenden Strahles, denn man nimmt an, daß er völlig durchgeht und nicht zum Theil vom Krystall absorbirt wird. — Dieß Gesetz führt uns dahin, ein natürliches Lichtbündel von einer Intensität M uns zusammengesetzt vorzustellen, aus zwei unter rechtem Winkel polarisirten Bündeln, deren jedes eine Intensität $= \frac{M}{2}$ hat. Denn bedeutet A den Winkel der Polarisationsebene des ersten mit dem Hauptschnitt des doppeltbrechenden Prismas, so wird der Winkel des zweiten $= 90° - A$ sein, und der erste wird in dem doppeltbrechenden Prisma einen gewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \cos.^2 A$ und einen ungewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \sin.^2 A$ geben; während der zweite einen gewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \cos.^2 (90° - A) = \frac{M}{2} \sin.^2 A$, und einen ungewöhnlichen Strahl $\frac{M}{2} \sin.^2 (90° - A) = \frac{M}{2} \cos.^2 A$ geben wird. Daher wird die Summe der beiden gewöhnlichen Strahlenbündel sein $\frac{M}{2} (\cos.^2 A + \sin.^2 A) = \frac{M}{2}$, und die Summe der beiden ungewöhnlichen Strahlenbündel $\frac{M}{2} (\sin.^2 A + \cos.^2 A) = \frac{M}{2}$; d. h. die beiden Bilder werden immer gleich an Intensität sein, welche Stellung auch der Hauptschnitt gegen die Polarisationsebene haben mag, vorausgesetzt, daß sie untereinander perpendiculär sind, welches der Character des natürlichen Lichtes ist.

Die Quantität des zurückgeworfenen Lichtes durch polirte Flächen nimmt fortwährend zu mit der Schiefe des Einfalls. Das Gesetz, nach welchem dieß geschieht, ist von Fresnel durch folgende Formel ausgedrückt worden:

$$T = \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \cdot \cos.^2 A + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \cdot \sin.^2 A.$$

Die Intensität des einfallenden Lichtes ist als Einheit angenommen. T bezeichnet die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes; i den Einfallswinkel; i′ den Winkel der entsprechenden Brechung; A den Winkel, welchen die Polarisationsebene des einfallenden Lichtes mit der Einfallsebene oder der Reflexionsebene macht. — 1) Wenn das einfallende Licht in der Einfallsebene vollkommen polarisirt ist, so hat man $A = 0$, $\sin.^2 A = 0$, $\cos.^2 A = 1$ und folglich

$$T = \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')}.$$

Um von dieser Formel Gebrauch machen zu können, darf man nur den Winkel i kennen, für welchen man die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes bestimmen will, und den Brechungsexponenten n der Substanz, von welcher die Reflexion geschieht, dann ist i′ gegeben durch die Formel $\sin.\ i = n \sin.\ i'$. Es bleibt dann nur noch übrig für i und i′ ihre Werthe zu setzen, und nach Ausführung der Rechnung erhält man den Werth von T oder das Verhältniß des zurückgeworfenen Lichtes. 2) Wenn das Licht in der Ebene senkrecht auf die Einfallsebene vollkommen polarisirt ist, und wenn zugleich der Einfallswinkel der der vollständigen Polarisation ist, so hat man: $A = 90°$, $\cos.^2 A = 0$, $\sin.^2 A = 1$, $i + i' = 90$, $\sin.\ (i + i') = 1$, $\text{tang.}\ (i + i') = \infty$ und folglich: $T = 0$. Wir wissen, daß in der That unter diesen Umständen die Reflexion genau 0 ist. Aber wenn diese Umstände dieselben sind, während der Einfallswinkel nicht der der vollständigen Polarisation ist, so hat man nicht mehr $(i + i') = 90$ und findet folglich $T = \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')}$. Der Zahlenwerth von T wird wie im vorhergehenden Falle gefunden. 3) Wenn das einfallende Licht vollkommen in einer Ebene polarisirt ist, welche mit der Einfallsebene einen Winkel von 45° macht, so hat man $A = 45°$, $\cos.^2 A = \frac{1}{2}$, $\sin.^2 A = \frac{1}{2}$, und mithin

$$T = \frac{1}{2} \left(\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \right).$$

Dieß Resultat ist genau dasselbe, welches man erhalten würde, wenn man zwei einfallende Lichtbündel von gleicher Intensität betrachtete, so daß $\frac{1}{2}$ ihre gemeinsame Intensität, und das eine in der Einfallsebene, das andere senkrecht auf diese Ebene polarisirt wäre; denn das erste würde geben:

$$\frac{1}{2} \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \text{ und das zweite: } \frac{1}{2} \frac{\tang.^2 (i - i')}{\tang.^2 (i + i')}.$$

Fielen sie nun zusammen auf gleiche Weise ein, so würden sie zusammen unter demselben Winkel zurückgeworfen, und die Intensität des zurückgeworfenen Strahlenbündels wäre gleich der Summe des Intensitäten eines jeden oder gleich:

$$\frac{1}{2} \left\{ \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} + \frac{\tang.^2 (i - i')}{\tang.^2 (i + i')} \right\}$$

4) Wenn das einfallende Licht gemischt ist, oder aus einer Quantität K polarisirten Lichtes und mithin einer Quantität 1 — K natürlichen Lichtes zusammengesetzt wäre, indem A immer den Winkel bezeichnet, den die Polarisationsebene des polarisirten Theiles mit der Einfallsebene macht, so kann man noch leicht das Verhältniß des zurückgeworfenen Lichtes finden; denn der Theil K des polarisirten Lichtes gibt bei der Reflexion eine Quantität Licht, welches dargestellt ist durch:

$$K \left(\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \cos.^2 A + \frac{\tang.^2 (i - i')}{\tang.^2 (i + i')} \sin.^2 A \right)$$

und der Theil 1 — K, welcher nicht polarisirt ist, kann betrachtet werden als ein Theil $\frac{1 - K}{2}$, der in der Einfallsebene und ein gleicher Theil $\frac{1 - K}{2}$, der in der Ebene senkrecht auf die Einfallsebene polarisirt ist. Der erste gibt bei der Reflexion $\frac{1 - K}{2} \cdot \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')}$, der zweite $\frac{1 - K}{2} \cdot \frac{\tang.^2 (i - i')}{\tang.^2 (i + i')}$, und die Summe dieser drei reflectirten Bündel gibt den wahren Werth von T, also

$$T = \frac{1 + K \cos. 2 A}{2} \cdot \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} + \frac{1 - K \cos. 2 A}{2} \cdot \frac{\tang.^2 (i - i')}{\tang.^2 (i + i')}.$$

Wenn K = 1 ist, so geht diese Formel in diejenige über, welche für vollständig polarisirtes Licht gegeben wurde, und wenn K = 0 ist, so geht sie in die über, welche für das in 45° polarisirte oder für natürliches Licht gefunden wurde. 5) Wenn das Licht senkrecht einfällt, so hat man i = 0 und i' = 0, und der Ausdruck von T wird dann $\frac{0}{0}$. Aber es ist leicht hierfür den wahren Werth zu finden; denn indem n der Brechungsexponent ist, ist klar, daß bei sehr kleinen Winkeln die Winkel selbst für die Sinus und Tagenten und umgekehrt gesetzt werden können. Somit geht die bekannte Formel sin. i = n sin i'

über in $i = n i'$, und es folgt hieraus auf der einen Seite $i - i' = i' (n - 1)$, $i + i' = i' (n + 1)$, und auf der andern

$$\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} = \left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2 \text{ und } \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} =$$

$\left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2$ und folglich $T = (\cos.^2 A + \sin.^2 A) \left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2 =$

$\left(\frac{n - 1}{n + 1}\right)^2$. Dieß beweist, wie zu erwarten stand, daß beim senkrechten Einfall das Licht stets in demselben Verhältniß zurückgeworfen wird, es mag sich im natürlichen Zustande befinden oder in irgend eine Ebene polarisirt sein.

Wenn ein Strahl polarisirten Lichtes von einer polirten Fläche unter verschiedenen Neigungen reflectirt wird, so ist der reflectirte Theil noch polarisirt; aber es findet sich im Allgemeinen, daß seine Polarisationsebene ihre Richtung verändert hat. Gesetzt die Polarisationsebene des einfallenden Lichtes mache einen Winkel von 45° mit der Reflexionsebene, so kann man finden, daß die Polarisationsebene des zurückgeworfenen Lichtes mit derselben Ebene nur noch einen Winkel von 40, 30, 20 oder 10° oder wohl gar einen Winkel = 0 macht; dieß wird von der Art des Einfalles abhängen. Diese Veränderung der Richtung nennt man die Bewegung der Polarisationsebene. Man sagt, diese Ebene wende sich um 10, 20 oder 30°, wenn der Winkel, welchen sie mit der Einfallsebene machte, um 10, 20 oder 30° zu oder abnahm. Der Winkel der Polarisationsebene mit der Einfallsebene oder der Reflexionsebene wird auch das Azimuth der Polarisationsebene genannt. Fresnel hat auch für diese Bewegung der Polarisationsebene zuerst eine Formel angegeben:

$$\text{tang. } A' = \text{tang. } A \, \frac{\cos. (i + i')}{\cos. (i - i')}.$$

Hierin bezeichnet A das Azimuth der Polarisationsebene bei dem einfallenden Strahle, A' das Azimuth derselben beim zurückgeworfenen Strahle, i den Einfallswinkel, unter welchem die Reflexion vor sich geht, i' den Brechungswinkel, welcher dem Einfallswinkel entspricht. Derselbe bestimmt sich aus der Formel

$$\sin. i = n \sin. i',$$

wo n den Brechungsexponenten der reflectirenden Substanz bezeichnet. — 1) Um $A = A'$ zu haben, muß $\cos. (i + i') = \cos. (i - i')$ sein; eine Bedingung, welche nur auf 2 Arten in der Wirklichkeit erfüllt sein kann, nämlich durch $i = 0$, welches $i' = 0$ gibt, und durch $i = 90°$, welches $\sin. i' = \frac{1}{n}$ gibt. Hieraus folgt, daß die senkrechte Reflexion und die Reflexion unter dem größtmöglichen Winkel die einzigen sind, welche keine Veränderung des Azimuths der

Polarisationsebenen bewirken, wie groß auch sein Werth sein mag. — 2) Wenn die Winkel i und i′ immer kleiner als 90° sind, so folgt, daß cos. (i + i′) immer kleiner als cos. (i — i′) ist, und daß folglich tang. A′ immer kleiner als tang. A, oder A′ immer kleiner als A ist, d. h. daß bei ihrer Bewegung die Polarisationsebene sich immer der Einfallsebene nähert. — 3) Wenn man i + i′ = 90° hat, oder was auf dasselbe hinaus läuft, wenn der Strahl vollständig polarisirt ist, (welche stattfindet, wenn der zurückgeworfene Strahl senkrecht auf dem gebrochenen steht; siehe oben), so hat man stets cos. (i + i′) = 0 und tang. A′ = 0, A′ = 0. Also beim Winkel der vollständigen Polarisation ist der reflectirte Strahl stets in die Einfallsebene polarisirt, welches auch das Azimuth der Polarisationsebene des einfallenden Strahles sein mag. Dieses Resultat zeigt, wie der Fall der vollständigen Polarisation mit der Bewegung der Polarisationsebene durch die Zurückwerfung in Verbindung steht, und wie sehr man berechtigt ist, ein Bündel natürlichen Lichtes als ein Bündel zu betrachten, welches aus einer Menge von in allen Azimuthen polarisirten Strahlen zusammengesetzt ist; weil die Reflexion die Polarisationsebenen aller dieser Strahlen in die Einfallsebene zurückführt. — 4) Wenn das Azimuth der Polarisationsebene 45° ist, so hat man tang. A = 1 und tang. $A' = \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')}$. Diese Formel entdeckte Fresnel ehe er das allgemeine Gesetz aufstellte. Er verglich die directen Beobachtungen mit den Zahlenbestimmungen, welche sich aus der Formel ergeben, dasselbe hat mit einer großen Anzahl von Beobachtungen Brewster gethan. Die Genauigkeit der Formel wird dadurch bestätigt. — Alle die angegebenen Bewegungen der Polarisationsebene können durch eine graphische Construction veranschaulicht werden. Nehmen wir eine Linie QP an (Fig. 47.), welche wir in 90 gleiche Theile theilen; setzen wir voraus, daß diese Linie die Richtung der Einfallsebene auf die reflectirende Oberfläche darstelle, und daß die einfallenden Lichtbündel nach und nach in verschiedenen Punkten auf dieser Linie unter schiefen Richtungen fallen, welche durch die Stelle dieser Punkte bezeichnet sind. So wird also bei dem Punkte P, zu dem 0 geschrieben ist, das Lichtbündel senkrecht auffallen; beim Punkte A unter einem Einfallswinkel von 20°, beim Punkte B unter einem Winkel von 40°, von 56° bei C, von 70° bei D und von 90° bei Q. Setzen wir endlich voraus, daß die Polarisationsebene aller dieser einfallenden Lichtbündel ein Azimuth von 45° habe; dann wird die Linie az in ihren verschiedenen Stellungen die Polarisationsebene des reflectirten Strahles vorstellen. Man sieht, daß bei einer Neigung von 56° gegen die Normale (das Einfallsloth), oder von 34° gegen die Fläche, die Polarisationsebene des reflectirten Strahles der Reflectionsebene parallel wird, und daß nach beiden Seiten von diesem Punkte, d. h. bei größeren oder geringeren Einfallswinkeln, die Polarisationsebene seitwärts abweicht, nämlich für die geringeren Schiefen rechts von der Einfallsebene, und für die größeren links. Fig. 48. zeigt die Bewegung

der Polarisationsebene für einen polarisirten Strahl, welcher ebenfalls ein Azimuth von 45° hat, aber auf der anderen Seite der Einfallsebene. — Es ist leicht zu sehen, welchen Verlauf die Erscheinung bei natürlichem Lichte nehmen werde. Denn ein Bündel natürlichen Lichtes von einer Intensität = 1, kann als aus zwei Lichtbündeln zusammengesetzt betrachtet werden, deren jedes eine Intensität = $\frac{1}{2}$ hat, und die im rechten Winkel polarisirt sind; nehmen wir nun an, daß eines dieser zwei Lichtbündel seine Polarisationsebene im Azimuth von 45° und rechts von der Einfallsebene habe, so wird das andere Bündel seine Polarisationsebene auch in dem Azimuth von 45° haben müssen, aber links von der Einfallsebene. Die Erscheinungen des natürlichen Lichtes sind folglich nur die Zusammenfassung der in Fig. 47. und 48. zusammengestellten Erscheinungen. Fig. 49. stellt dieselben dar. Daraus folgt, daß beim senkrechten Einfalle das zurückgeworfene Lichtbündel ohne Polarisation ist, wie das einfallende Lichtbündel; denn wie dieses ist es zusammengesetzt aus zwei Bündeln von gleicher Intensität, die rechtwinklig polarisirt sind. In dem Maße, in welchem der Einfallswinkel zunimmt, rücken die Polarisationsebenen einander näher, und wenn die Reflexion vom Glas stattfindet, so werden sie für den Einfallswinkel von 56° endlich parallel untereinander und mit der Reflexionsebene, d. h. dann ist der reflectirte Strahl vollständig polarisirt in die Reflexionsebene; über diese Grenze hinaus und für alle größeren Einfallswinkel fährt jede Polarisationsebene fort, in demselben Sinne sich zu wenden, indem der von links nach rechts, und der von rechts nach links von der Einfallsebene übergeht; und endlich für den Einfallswinkel 90° sind die beiden Polarisationsebenen wieder senkrecht untereinander, indem jeder wieder ein Azimuth von 45° auf der anderen Seite der Einfallsebene angenommen hat. Diese Resultate werden dazu dienen, die theilweise und vollständige Polarisation zu erklären, welche aus mehren auf einander folgenden Reflexionen sich ergibt.

Wenn ein Bündel natürlichen Lichtes unter einem Winkel reflectirt wird, der größer oder kleiner ist, als der der vollständigen Polarisation, so bietet er alle Erscheinungen eines theilweise polarisirten Strahles dar. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man ihn nur durch eine Turmalinplatte zu beobachten, denn das Bild verschwindet bei keiner Stellung der Platte vollständig; aber es verändert seine Intensität, so wie die Platte in ihrer Ebene sich wendet.

Viele Physiker haben dieß gemischte Licht als zusammengesetzt aus zwei Lichtbündeln betrachtet, von denen das eine im natürlichen Zustande, das andere in der Einfallsebene polarisirt wäre. Brewster vergleicht stets ein Bündel natürlichen Lichtes von der Intensität 1 mit 2 andern von der Intensität $\frac{1}{2}$, welche beide in den Azimuth 45° polarisirt sind, das eine rechts, das andere links von der Einfallsebene. Hieraus folgert er nun, daß ein natürliches Lichtbündel, das z. B. unter einem Winkel von 40° von Glas reflectirt wird (Fig. 49.) aus 2 polarisirten Bündeln zusammengesetzt ist, das eine in das Azimuth von 23° 1′ rechts von der Einfallsebene, das andere in das Azimuth von

23° 1′ links von derselben. Auf diese Weise gibt es nach der Zurückwerfung gar kein natürliches Licht mehr, sondern alles ist polarisirt: aber nicht alles scheint es zu sein; denn sobald man das reflectirte Lichtbündel mit dem Turmalin oder mit dem doppelt brechenden Prisma analysirt, so ist leicht zu sehen, daß es aus zwei Lichtbündeln zusammengesetzt erscheint, das eine von natürlichem, das andere von in die Einfallsebene polarisirtem Lichte. Brewster hat sogar das Verhältniß des Lichtes berechnet, welches durch die Reflexion in eine jede Einfallsebene polarisirt ist, sowohl für ein Bündel gemischten Lichtes, als für ein Bündel natürlichen Lichtes. Gesetzt wir hätten ein Lichtbündel (Intensität = 1), welches aus zwei anderen zusammengesetzt wäre, die von gleicher Intensität (= $\frac{1}{2}$), und in das Azimuth A polarisirt wären, das eine rechts, das andere links von der Einfallsebene, so ist der ganze Theil T des reflectirten Lichtes gegeben durch die Formel:

$$T = \frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \cdot \cos.^2 A + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \cdot \sin.^2 A.$$

Derselbe besteht aus zwei Theilen, gleich $\frac{T}{2}$, welche durch jedes der beiden reflectirten Bündel hervorgebracht werden. Es sei A′ der Azimuth der Polarisationsebene nach der Reflexion; dieser Azimuth wird für das eine Bündel rechts von der Einfallsebene, für das andere links von derselben sein; er wird gegeben sein durch die Formel

$$\text{tang. } A' = \text{tang. } A \, \frac{\cos. (i + i')}{\cos. (i - i')}.$$

Wenn jetzt eines der reflectirten Lichtbündel, z. B. das, dessen Azimuth rechts ist, durch ein doppeltbrechendes Prisma aufgenommen wird, dessen Hauptschnitt mit der Einfallsebene zusammenfällt, so wird es zwei Bilder geben; ein gewöhnliches mit der Intensität $\frac{T}{2} \cos.^2 A'$, und ein ungewöhnliches mit der Intensität $\frac{T}{2} \sin.^2 A'$. Das Bündel, dessen Azimuth links ist, wird auf gleiche Weise für sein gewöhnliches Bild $\frac{T}{2} \cos.^2 A'$, und für sein ungewöhnliches Bild $\frac{T}{2} \sin.^2 A'$ geben. Daher wird das ganze gewöhnliche Bild T $\cos.^2 A'$ sein, und das ungewöhnliche Bild T $\sin.^2 A'$. Der Antheil K des Lichtes, welches in die Einfallsebene oder in den Hauptschnitt des Prisma polarisirt erscheint, ist offenbar gegeben durch die Differenz der Intensitäten des ersten und des zweiten dieser Bilder; also ist

$$K = T \cos.^2 A' - T \sin.^2 A' = T (1 - 2 \sin.^2 A').$$

Um den Werth von K zu haben, bleibt nur noch übrig, für T seinen vorherigen Werth und für sin. A′ seinen Werth zu setzen, der sich aus der obigen Gleichung von tang. A′ ergibt.

$$K = \left(\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} \cdot \cos.^2 A + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')} \cdot \sin.^2 A\right).$$
$$\left(\frac{\cos.^2 (i - i') - \text{tang.}^2 A \cos.^2 (i + i')}{\cos.^2 (i - i') + \text{tang.}^2 A \cos.^2 (i + i')}\right).$$

Dieses ist das Verhältniß des Lichtes, welches in der Einfallsebene polarisirt erscheint, nachdem es unter dem Winkel i reflectirt worden, wenn der einfallende Strahl aus zwei anderen zusammengesetzt ist, welche polarisirt sind in das Azimuth A, der eine rechts, der andere links von der Einfallsebene. Um diese Formel auf den Fall anzuwenden, wo das einfallende Licht natürliches Licht ist, genügt es $A = 45°$ zu setzen, dann ist $\cos.^2 A = \frac{1}{2}$, $\sin.^2 A = \frac{1}{2}$, $\text{tang.}^2 A = 1$, und

$$K = \frac{1}{2}\left(\frac{\sin.^2 (i - i')}{\sin.^2 (i + i')} + \frac{\text{tang.}^2 (i - i')}{\text{tang.}^2 (i + i')}\right).$$
$$\left(\frac{\cos.^2 (i - i') - \cos.^2 (i + i')}{\cos.^2 (i - i') - \cos.^2 (i + i')}\right).$$

Brewster hat folgende Tafel der Werthe von K berechnet, (nach der angegebenen Formel), für alle Einfallswinkel von 0° bis 90°; unter der Voraussetzung, daß die Reflexion von Glas stattfindet, für welches der Brechungsexponent $n = 1{,}525$; die Intensitäten der einfallenden und reflectirten Lichtbündel sind mit 1000 multiplicirt.

Einfallswinkel.	Brechungswinkel.	Azimuth der Polarisationsebene des refl. Lichtes.	Gesammtquantität des refl. Lichtes.	Quant. des in der Reflexionsebene polar. Lichtes.	Verhältniß der Intensität vom polarisirten u. refl. Lichte.
i	i′	A′	T	K	$\frac{K}{T}$
0	0 0′	45° 0′	43,23	0,00	0,00
10	6 32	43 51	43,39	1,74	0,04
20	12 58	40 13	43,41	7,22	0,17
25	16 5	37 21	43,64	11,60	0,26
30	19 8	33 40	44,78	17,25	0,38
35	22 6	29 8	46,33	24,37	0,57
40	24 56	23 41	49,10	33,25	0,68
45	27 37	17 22	53,66	44,09	0,82
50	30 9	10 18	61,36	57,36	0,94
56° 45′	33 15	0	79,50	79,50	0,00
60	34 36	5 4	93,31	91,60	0,96
65	36 28	12 45	124,56	112,70	0,90
70	38 2	18 32	162,67	129,80	0,78
75	39 54	26 52	257,26	152,34	0,59
78	39 54	30 44	329,95	157,67	0,48
79	40 4	31 59	359,27	157,69	0,44
80	40 13	33 13	391,70	156,60	0,40
82 44	40 35	36 22	499,44	145,40	0,29
84	40 42	38 2	560,32	134,93	0,24

Einfalls-winkel.	Brechungs-winkel.	Azimuth der Polarisations-ebene des refl. Lichtes.	Gesammt-quantität des refl. Lichtes.	Quant. des in der Reflexions-ebene polar. Lichtes.	Verhältniß der Intensität vom polarisirten u. refl. Lichte.
i	i′	A′	T	K	$\frac{K}{T}$
85	40 47	39° 12′	616,28	123,75	0,20
86	40 51	40 23	676,26	108,67	0,16
87	40 54	41 32	744,11	89,83	0,12
88	40 57	42 42	819,90	65,90	0,08
89	40 58	43 51	904,81	36,32	0,04
90	40 58	45 0	1000,00	0	0,00

Alle in dieser Tafel enthaltenen Zahlen sind durch Rechnung gefunden, nur die zu den Einfallswinkeln 0°, 90° und 56° 45′ sind durch die Versuche versichert. Arago hat aber eine größere Anzahl von Beobachtungen angestellt, welche nur geringe Abweichungen von den durch die Formel gefundenen Bestimmungen geben. Aus den von ihm angestellten Versuchen zog Arago den Schluß: daß für Einfallswinkel, welche gleichweit abstehen vom Winkel der vollständigen Polarisation, die Quantitäten des polarisirten Lichtes gleich sind. Z. B. eine Glasoberfläche, welche das Licht unter einem Einfallswinkel von 54° vollständig polarisirt, wird gleiche Quantitäten unter den Einfallswinkeln von 53° und 55° polarisiren, und ebenso andere gleiche Quantitäten unter den Einfallswinkeln 52° und 56° u. s. w. Dieß Gesetz ist jedoch in seiner Allgemeinheit noch keineswegs als erwiesen zu betrachten.

Brewster hat ferner Untersuchungen angestellt über den Einfluß auf einander folgender Reflexionen auf die Polarisation des Lichtes, und hat hierbei eine überzeugende Bestätigung der vorerwähnten Formeln gefunden. Wenn ein Bündel natürlichen Lichtes von Glas reflectirt worden ist, z. B. unter einem Winkel von 60°, so kann er als aus zwei Bündeln zusammengesetzt betrachtet werden, welche gleiche Intensität haben und in das Azimuth 40°, der eine rechts, der andere links von der Einfallsebene polarisirt sind. Dieß ist die Aenderung, welche das Lichtbündel erleidet. Fällt nun dieses reflectirte Bündel unter demselben Einfallswinkel auf eine zweite Glasfläche, um hier eine zweite Reflexion zu erfahren (in eine Ebene parallel der ersten Einfallsebene), so werden die Polarisationsebenen rechts und links einen zweiten Grad der Annäherung erfahren u. s. w., bis endlich die beiden Polarisationsebenen unter einander und mit der Einfallsebene merklich zusammenfallen, in welchem Falle das Lichtbündel in dieser Ebene vollkommen polarisirt erscheinen wird. Um diese Wirkungen zu berechnen, darf man nur die Bewegung der Polarisationsebenen in den auf einander folgenden Reflexionen verfolgen. Bezeichnen wir nun mit A′, A″, A‴... $A^{(n)}$ die Azimuthe der Polarisationsebene nach der ersten, zweiten, dritten.... nten Reflexion, und bemerken wir, daß das Azimuth des ein-

fallenden Lichtes 45° ist, weil dieses Licht im natürlichen Zustande ist; so werden wir haben:

$$\text{tang. } A' = \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')};\ \text{tang. } A'' = \text{tang. } A'\ \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')};$$

$$\text{tang. } A''' = \text{tang. } A''\ \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')} \ldots\ldots\ \text{tang. } A^{(n)} =$$

$$\text{tang. } A^{(n-1)}\ \frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')}.$$

Hieraus folgt, wenn man die Werthe von tang. $A^{(n-1)}$..... tang. A' in die Gleichung setzt,

$$\text{tang. } A^{(n)} = \left(\frac{\cos.\ (i + i')}{\cos.\ (i - i')}\right)^n.$$

Das letzte Azimuth $A^{(n)}$ kann niemals 0 sein, wie groß auch die Anzahl der Reflexionen sein mag; denn wenn das Verhältniß der Cosinus nicht 0 ist, so kann es auch ihre $n$te Potenz nicht sein; aber wenn dieses Verhältniß kleiner als 1 ist, so werden seine verschiedenen Potenzen immer kleiner und kleiner; und wenn das Azimuth $A^{(n)}$ nur etwa noch $\frac{1}{2}$ Grad ist, so sind die Erscheinungen so, als ob es 0 wäre. Brewster fand u. A., daß das natürliche Licht nach 5 Reflectionen auf Glas unter einem Winkel von 70° vollkommen polarisirt erschien. Wendet man nun aber die Formel auf diesen Versuch an, so findet man, daß nach 5 Reflexionen bei 70°, das Azimuth der Polarisationsebene nur 22′ ist; und berechnet man nach den vorhergehenden Formeln die Intensität des Lichtes, welches nicht in der Reflexionsebene polarisirt ist, so findet man es nur 0,00008.

Die Brechung kann wie die Reflexion die Polarisationsebene verändern oder wenden. Diese Wirkung ist in Fig. 51. dargestellt. PQ bezeichnet die Brechungsebene einer Glasplatte mit parallelen Seiten; die Länge dieser Linie ist in 90 gleiche Theile getheilt worden, und die Nummer jeder dieser Eintheilungen bezeichnet den Einfallswinkel des Lichtbündels, welches in diesen Punkt fällt, um nach geschehener Brechung durch die Glasplatte hindurch zu gehen. So bezeichnet der Kreis neben der Zahl 60 ein Bündel polarisirten Lichtes, welches auf die erste Fläche der Glasplatte unter einem Winkel von 60° fällt; der Diameter az zeigt die Richtung der Polarisationsebene dieses Bündels, wenn es in die Luft zurück strahlend geworden ist, nachdem es beide Flächen des Glases durchdrungen hat; es macht hier einen Winkel von 50° 7′ mit der Brechungsebene. Beim Punkte P oder bei der Zahl 0, fällt das Lichtbündel rechtwinklig auf die Platte, und geht durch sie senkrecht hindurch; die Erfahrung zeigt, daß nach der Ausstrahlung seine Polarisationsebene dieselbe wie beim Einfallen ist. Die Fig. ist unter der Voraussetzung gezeichnet, daß diese Ebene einen Winkel von 45° mit der Brechungsebene macht. Aber in dem Maße, in welchem die Schiefe zunimmt, nimmt das Azimuth der Polarisationsebene zu.

Für eine Schiefe von 30° ist das Azimuth 45° 40′; für 45°....46° 47′; für 60°....50° 7′; für 90°...66° 19′. Bei der Reflexion nähert sich die Polarisationsebene der Einfallsebene; hier findet das Gegentheil statt, sie entfernt sich mehr und mehr von derselben und zeigt ein Streben, senkrecht auf sie zu werden. Die Wirkung die man bei diesen Versuchen beobachtet, ist zusammengesetzt, denn sie ergibt sich aus der brechenden Kraft zweier Oberflächen; um zu wissen, wie viel einem jeden zukommt, muß man mit sehr reinen Prismen experimentiren, und unter solchen Einfallswinkeln, daß der Strahl senkrecht auf die zweite Oberfläche ausfährt. Dann wird diese zweite Oberfläche ohne Thätigkeit zur Veränderung des Azimuths sein, und die beobachtete Wirkung wird ganz von der ersten abzuleiten sein. Brewster hat das bei diesen Erscheinungen obwaltende Gesetz durch eine einfache Formel ausgedrückt:

$$\cot. A' = \cot. A. \cos. (i - i'),$$

worin A das Azimuth der Polarisationsebene des einfallenden Lichtbündels, i der Einfallswinkel, i′ der Brechungswinkel, A′ das Azimuth der Polarisationsebene nach der Modification, die er durch die erste Fläche erlitten hat. Wenden wir diese Formel auf den Fall einer Platte mit parallelen Flächen an, mit der Voraussetzung, daß die Polarisationsebene des Bündels das Azimuth von 45° habe; so ist $\cot. A = 1$ und man hat nur $\cot. A' = \cos. (i - i')$. Mit diesem Azimuth A′ der Polarisationsebene geht also der Strahl fort, und trifft die zweite Oberfläche unter einem Einfallswinkel i′; dann ist der Brechungswinkel i und da $\cos. (i - i) = \cos. (i - i')$, so wird das neue Azimuth nach dieser zweiten Brechung durch die Gleichung $\cot. A'' = \cot. A' \cos. (i - i')$ gegeben sein. Durch Multiplication mit der ersten findet man $\cot. A'' = \cos.^2 (i - i')$. Brewster hat diese Formel durch eine große Anzahl von Beobachtungen bestätigt, indem er sich einer Glasplatte bediente, für welche $n = 1{,}510$ war. Folgende Tafel gewährt einen Vergleich der Uebereinstimmung der Formel mit den Beobachtungen.

Einfallswinkel.	Brechungswinkel.	Beob. Drehung.	Beob. Azimuth.	Berechn. Azimuth.	Differenzen.
0	0° 0′	0° 0′	45° 0′	45° 0′	
10	6 36	0 13	45 13	45 6	+ 0 7
20	13 5	0 27	45 27	45 25	+ 0 2
25	16 15	0 32	45 32	45 40	— 0 8
30	19 20	0 40	45 40	46 0	— 0 20
35	22 19	1 12	46 12	46 25	— 0 13
40	25 10	1 30	46 30	46 56	— 0 26
45	27 55	1 42	46 47	47 34	+ 0 47
50	30 29	2 48	47 42	48 24	— 0 42
55	33 52	3 54	48 54	48 59	— 0 5
60	35 0	5 7	50 7	50 36	— 0 29
65	36 53	6 48	51 48	52 7	— 0 19

Einfallswinkel.	Brechungswinkel.	Beob. Drehung.	Beob. Azimuth.	Berechn. Azimuth.	Differenzen.
70	38° 29′	8° 7′	53° 7′	53° 59′	— 0 52
75	39 45	9 55	54 55	56 18	— 1 23
80	40 42	12 16	57 10	59 5	— 1 55
85	41 17	15 45	60 45	62 24	— 1 39
86	41 21	16 29	61 39	63 9	— 1 30
90	41 28	00 00	00 00	66 19	

Brewster hat auf gleiche Weise seine Formel dadurch bestätigt, daß er ein Lichtbündel unter demselben Winkel brechen ließ, aber das Azimuth der Polarisationsebene von 0 bis 90° änderte. Er hatte den Einfallswinkel von 80° gewählt, für welchen A″ = 58° 40′ war, wenn das ursprüngliche Azimuth 45° war. Folgende Resultate der Beobachtungen und der Rechnung wurden gefunden.

Ursprüngl. Azimuth der Polarisationsebene.	Beobachtetes Azimuth im ausstrahlenden Lichtbündel.	Berechnetes Azimuth für den ausstrahlenden Strahl.	Differenzen.
A.	A′	A″	
0	0° 0′	0° 0′	0 0
2 30	7 10	7 20	— 0 10
5	9 40	8 19	+ 1 21
10	17 10	16 25	+ 0 45
15	24 42	24 6	+ 0 36
20	32 30	31 19	+ 1 11
25	39 15	37 54	+ 1 21
30	44 10	43 57	+ 0 13
35	49 38	49 28	+ 0 10
40	54 36	54 31	+ 0 5
45	58 40	59 5	— 0 25
50	63 10	63 19	— 0 9
55	66 58	67 15	— 0 17
60	70 18	70 56	— 0 38
65	74 8	74 24	— 0 16
70	76 56	77 42	— 0 46
75	79 20	80 53	— 1 33
80	83 23	83 58	— 0 35
85	86 23	86 0	+ 0 23
90	90 0	90 0	0 0

Die letzte Columne ist nach der Formel

$$\text{cot. } A'' = \text{cot. } A \text{ cot.}^2 (58° 40')$$

berechnet.

Aus dem vorhergehenden Gesetze lernen wir, wie ein Bündel natürlichen Lichtes durch aufeinander folgende Brechungen polarisirt werden kann. Da nämlich ein solches Lichtbündel von der Intensität 1 betrachtet werden kann als zusammengesetzt aus zwei Bündeln von glei-

cher Intensität $\frac{1}{2}$, die rechtwinklig polarisirt sind, indem das eine seine Polarisationsebene um 45° rechts, das andere um ebensoviel links von der Brechungsebene hat; so ist klar, daß nach den beiden Brechungen beim Durchgange durch eine parallelflächige Glasplatte, z. B. unter einem Einfallswinkel von 60° (Fig. 51.), der ausfahrende Strahl wird betrachtet werden können, als aus zwei Bündeln zusammengesetzt, welche zu 50° 7′ polarisirt sind, so daß das eine rechts, das andere links von der Brechungsebene liegt. Dieses so modificirte Lichtbündel fällt auf die zweite Oberfläche und nach seinem zweiten Ausfahren (Uebergang in ein anderes Mittel), wird sich jede seiner Polarisationsebenen noch um einen gewissen Winkel in demselben Sinne gedreht haben; dasselbe geschieht nach einem dritten Ausfahren u. s. w., bis endlich die beiden Ebenen genau einander entgegenstehend und zusammenfallend sind. Dann gibt es nur noch Eine Polarisationsebene, und das Lichtbündel erscheint vollkommen polarisirt in einer Ebene senkrecht auf die Brechungsebene. Aber hier, wie bei der Reflexion, genügt es, daß die entgegengesetzten Polarisationsebenen unter einander einen hinreichend kleinen Winkel bilden, um dem Auge des Beobachters die Polarisation als völlig vollständig erscheinen zu lassen. Brewster hat z. B. gefunden, daß das Licht einer Kerze bei 10 oder 12 Fuß Abstand vollkommen polarisirt ist durch 8 Glasplatten oder 16 brechende Oberflächen, unter einem Einfallswinkel von 78° 52′; durch 24 Platten oder 48 Oberflächen unter einem Winkel von 61°, durch 47 Platten oder 94 Oberflächen unter einem Winkel von 43° 34′; und die Formel gibt an, daß die Polarisationsebenen dann mit der Brechungsebene im ersten Falle einen Winkel 88° 50′, im zweiten von 89° 38′ und im dritten von 88° 27′ machten. Diese Ebenen waren also nicht mit mathematischer Genauigkeit senkrecht auf die Brechungsebene, aber wohl für das Auge des Beobachters. Auf gleiche Weise findet man, daß 5 Glasplatten oder 10 Oberflächen ein natürliches Lichtbündel vollständig polarisiren, das mit größtmöglicher Schiefe durch sie hindurch geht u. s. w. Dieses Resultat ist durch die Formel bestätigt, weil der Winkel der Polarisationsebenen mit der Brechungsebene in diesem Falle 89° 4′ ist. — Was die Intensität des Lichtes betrifft, welches bei jeder Brechung senkrecht auf die Einfallsebene polarisirt ist, verglichen mit der Intensität des durch Reflexion polarisirten Lichtes, so hat Arago folgendes durch Versuche bestätigte Gesetz aufgestellt: daß die Quantität des durch Brechung polarisirten Lichtes gleich ist der Quantität des durch Reflexion polarisirten Lichtes. Dieses Gesetz ist stets genau, wenn sich der Einfallswinkel des Lichtbündels nicht sehr von dem Winkel der völligen Polarisation entfernt; aber aus den Formeln von Brewster würde folgen, daß es für die sehr vom Polarisatioswinkel abweichenden Winkel mehr oder weniger ungenau wäre.

Die brillantesten Erscheinungen sind die Farbenphänomene, welche das polarisirte Licht darbietet, und dieselben sind daher auch ein Gegenstand vieler Beobachtungen und Untersuchungen geworden. — Die lebhaften Farben, welche sich unter gewissen Bedingungen in krystallisirten Platten zeigen, sind von Arago entdeckt worden, bald

nachdem Malus die Polarisation des Lichtes entdeckt hatte. Folgende waren die ersten Beobachtungen, in denen diese Farben bemerkt wurden. Ein dünnes Glimmerblatt oder Marienglas erscheint völlig farblos und durchscheinend, wenn man es mit bloßem Auge gegen den reinen und wolkenlosen Himmel betrachtet; wenn man aber, um es zu betrachten, vor das Auge ein doppelt brechendes Prisma bringt, so sieht man es im Allgemeinen in seiner ganzen Ausdehnung eine einfache und brillante Färbung annehmen. Das doppeltbrechende Prisma läßt es doppelt erscheinen, und seine beiden gefärbten Bilder sind stets in den gegenseitigen Ergänzungsfarben (s. d. Art. Farbe, S. 357.) gefärbt; denn der Raum, wo sie übereinander liegen, und sich gegenseitig aufheben, erscheint völlig weiß. Die Lebhaftigkeit der Farben hängt von der Gegend des Himmels ab, welche man betrachtet, oder vielmehr von der Stellung gegen den Lauf der Sonne; und die Farben zeigen sich niemals, wenn man die Beobachtung gegen einen mit Gewölk bedeckten Himmel richtet. Man kann u. A. bemerken, daß die Dicke des Blattes und seine Schiefe gegen das Lichtbündel, welches ins Auge gelangt, Umstände sind, welche die Nuance der Farben verändern, während die Stellung gegen den Hauptschnitt des Prisma nur die Intensität verändert. Da das blaue Licht des Himmels in den verschiedenen Regionen und selbst in den verschiedenen Tagesstunden mehr oder weniger polarisirt ist, so ist es natürlich, die angeführte Farbenerscheinung auf die Polarisation zu beziehen. Dieses wird durch folgenden Versuch noch mehr bestätigt. Das Licht der Wolken oder das einer Flamme wird von einem schwarzen Spiegel MM′ (Fig. 52.) reflectirt; das reflectirte Lichtbündel geht durch ein Diaphragma DD′ und wird durch ein doppelt brechendes Prisma PP′, welches man vor das Auge hält, beobachtet. Wir wissen, daß die Oeffnung des Diaphragma dann ein einziges Bild gibt, wenn der Winkel des Hauptschnittes des Prisma und der Polarisationsebene 0° oder 90° ist; daß es zwei gleich lebhafte Bilder gibt, wenn dieser Winkel = 45°; und endlich zwei ungleiche Bilder, wenn diese Winke zwischen 0 und 45° oder zwischen 45° und 90° liegt. Wir wissen ferner, daß in allen Fällen diese Bilder farblos sind. Bringt man jetzt in der Oeffnung des Diaphragma einen kleinen Ring NN′ (Fig. 53.) an, welcher eine dünne Krystallplatte LL′ trägt; so erscheint hier diese Platte, welche von Natur durchscheinend und ohne Farbe ist, in mehr oder weniger lebhaften Nuancen gefärbt, und die Farben der beiden Bilder sind immer Ergänzungsfarben gegen einander; denn wenn sie hinreichend breit sind oder wenig genug eines vom anderen entfernt ist, so daß sie sich zum Theil decken, so ist dieser Theil vollkommen weiß. — Anstatt das Bild der Oeffnung mit einem doppelt brechenden Prisma zu betrachten, könnte man es mit einem Turmalin oder mit einem Spiegelglase betrachten, welches so befestigt ist, daß man es um das polarisirte Lichtbündel wenden kann, indem es dieses immer unter dem Polarisationswinkel aufnimmt. Dem bloßen Auge erscheint das Bild immer weiß. — Alle Krystallplatten bieten unter diesen Verhältnissen analoge Erscheinungen dar, sie mögen von einem Krystall mit Einer Axe oder von einem Krystall mit zwei Axen kommen, sie mögen ihre natürlichen Flä-

chen behalten, oder in verschiedenen Richtungen geschnitten sein; aber es gibt immer eine gewisse Grenze der Dicke, über welche hinaus alle Phänomene verschwinden, und selbst unter dieser Grenze gibt es immer für jede Platte gewisse Stellungen, in denen sie aufhört gefärbt zu sein. Die beobachtete Thatsache läßt sich kurz wie folgt aussprechen: Ein Bündel polarisirten weißen Lichtes, welches unter gewissen Bedingungen durch eine Krystallplatte hindurch geht, erscheint stets auf verschiedene Weise gefärbt, wenn es nachher unter dem Polarisationswinkel zurückgeworfen, oder in einem doppelt brechenden Körper gebrochen wird. Der Apparat zu näheren Untersuchungen in dieser Beziehung ist etwas zusammengesetzt. ABC und A′B′C′ sind zwei ähnliche Latten, welche parallel angeordnet und untereinander so verbunden sind, daß sie eine Art länglichen Rectangels bilden (Fig. 54. und 55.). Dieser Rectangel ist gegen die Mitte seiner langen Seiten bei B und B′ unterstützt, und kann um diese Punkte wie ein Fernrohr auf seinem Fuße bewegt werden. MM′ ist der Reflector von geschwärztem Glase oder Obsidian, welcher das Licht polarisiren soll; er dreht sich um die Punkte C und C′; ein eingetheilter Kreis VS gibt seine Neigung an, und die Druckschraube V dient dazu ihn festzuhalten, wenn er die geeignete Neigung hat. TT′ ist die Röhre, welche den polarisirten Strahl aufnehmen soll; die beiden Enden sind mit Diaphragmen ausgestattet, deren Oeffnung 2 oder 3 Linien beträgt. Die Axe dieser Röhre ist die Central-Axe des ganzen Apparates. Die Vorrichtungen E und E′ sind die Träger der Krystallplatten; sie sind genau ähnlich, und es braucht daher nur eine, z. B. E, beschrieben zu werden. Dieser Träger besteht aus drei beweglichen Stücken: 1) die Scheibe D, welche in ihrer Ebene drehbar ist; 2) die Platte KK′ welche um zwei Zapfen X und X′ bewegt werden kann; 3) der Rahmen HH′ welcher um die Centralaxe drehbar ist, mittelst der Dillen O und O′. Die Krystallplatte L ist mit etwas weichen Wachses über die Oeffnung R befestigt, welche durch den Mittelpunkt der Scheibe D geht; und dort kann sie mit Hilfe der drei beweglichen Stücken eine dreifache Bewegung erhalten: 1) die Bewegung ihrer Axe, indem man die Scheibe D in ihrer eigenen Ebene dreht, die Drehung derselben wird am getheilten Kreise ss gemessen; 2) die Bewegung ihrer Ebene, indem man die Platte KK um die beiden Punkte XX′ dreht, die Drehung derselben wird durch den getheilten Kreis GHI gemessen; 3) die Bewegung ihres Hauptschnittes, indem man den Rahmen HH um die Dillen O und O′ dreht, dessen Drehung durch einen getheilten Kreis NN gemessen wird, welchen eines der Enden des Rectangels AA trägt. Die Platte L′, welche sich auf den Träger E′ befindet, hat genau dieselben Bewegungen, und zwar unabhängig von denen der Platte L. In der Fig. 54. sind die Platte KK des Trägers E und die ähnliche Platte des Trägers E′ in einer Stellung, welche sie niemals annehmen, weil sie den polarisirten Strahl aufhalten würde; man muß sie in Gedanken aufheben, und um ihre Zapfen drehen lassen; eine Drehung von 90° z. B. würde die Platten senkrecht auf den polarisirten Strahl stellen. Die kreisförmige Platte AA end-

lich welche den Rectangel begrenzt, ist in Z auf ihrem Rande getheilt, und eine Art Alhidade, welche das doppeltbrechende Prisma trägt, kann den ganzen Umfang derselben durchlaufen, und auf diese Weise dem Hauptschnitte dieses Prismas alle mögliche Stellungen in Bezug auf die ursprüngliche Polarisationsebene geben. Diese Alhidade kann statt des doppeltbrechenden Prismas einen Turmalin aufnehmen, oder auch einen Glasspiegel, welcher die Stelle des zweiten Spiegelglases, von dem wir sprachen, vertritt. Dieser Apparat kann auch für die Fig. 41. 42. 43. 44. abgebildeten und oben beschriebenen Apparate gebraucht werden. Zu diesem Zwecke braucht man nur die Platten L und L′ wegzunehmen, und nach und nach statt des Reflectors MM′ ein doppelt brechendes Prisma, oder eine Säule von Spiegelglasplatten anzubringen.

Krystalle mit Einer Axe, auf welche das Lichtbündel senkrecht gegen die Axe fällt. Der eben beschriebene Apparat ist nun so eingerichtet, daß das ins Innere der Röhre TT′ zurückgeworfene Lichtbündel vollkommen polarisirt sei, man mag sich nun des Lichts der Wolken, oder einer Lampe, oder einer Kerze bedienen. Man erkennt die vollständige Polarisation mittelst des Prisma PP′. Zu diesem Zwecke stellt man die Platten KK und K′K′ der Träger E und E′ senkrecht auf das reflectirte Lichtbündel, und bringt auf die Mittelpunktsöffnungen der Scheiben D und D′ kein Plättchen. Das Lichtbündel kommt so direct auf das Prisma PP′, wo es zwei mehr oder weniger lebhafte Bilder erzeugt, je nachdem der Hauptschnitt dieses Prisma einen mehr oder weniger großen Winkel mit der Polarisationsebene macht. Wenn eines der Bilder gänzlich unmerklich bei einer gewissen Stellung des Prisma ist, so ist bloß ein Beweis, daß die Polarisation vollständig ist, und man ist zugleich versichert, daß der Hauptschnitt des Prisma dann parallel oder senkrecht gegen die Reflexionsebene ist, nämlich parallel, wenn das gewöhnliche — senkrecht, wenn das ungewöhnliche Bild das bleibende ist. Der Anblick des Prisma und die Stellung der Bilder werden hierbei entscheiden. Nachdem Alles in dieser Weise angeordnet, befestigt man auf die Oeffnung R der einen Scheibe ein der Axe paralleles krystallisirtes Plättchen; z. B. ein Plättchen Bergkrystall, welches weniger als 45 Hundertheile eines Millimeter dick ist. Diese Plättchen sind auf Glasplatten geleimt, um auf diesen Grad der Dünnheit gebracht werden zu können. Hierauf betrachtet man durch das Prisma aufs neue die Erscheinungen des polarisirten Lichtbündels, und macht folgende Beobachtungen: 1) Vorausgesetzt, daß der Hauptschnitt des Prisma in der Ebene der ursprünglichen Polarisation liege, d. h. in der Reflexionsebene, so sind beide Bilder, das gewöhnliche und das ungewöhnliche sichtbar und farbig. Ihre Farben sind genau Ergänzungsfarben gegen einander. Wenn man die Scheibe D auf ihrer Ebene dreht, um die Stellung der Axe des Plättchens zu ändern, so sieht man die Nuance der Farben dieselbe bleiben für jedes Bild; aber der Glanz wird nach und nach verändert, und man findet bald eine Stellung, für welche eines der Bilder verschwindet und das andere weiß wird. Bemerken wir uns diesen Punkt als Ausgangspunkt, und fahren fort in demselben Sinne zu drehen, so er-

scheinen die Bilder wieder in ihrer Färbung; darauf nimmt ihr Glanz zu, nimmt wieder ab bis zu einer neuen Stellung, wo das Bild, welches eben weiß war, vollkommen erloschen ist, und dafür das andere Bild weiß erscheint. Um von der ersten zu der zweiten Stellung überzugehen, muß die Axe des Plättchens einen Viertelkreis beschreiben. Der zweite, dritte und vierte Viertelkreis bieten genau dieselbe Erscheinung dar; und man kann leicht bemerken, daß die 4 Stellungen, bei welchen die beiden farbigen Bilder sich auf Ein weißes Bild reduciren, genau dann eintreten, wenn der Hauptschnitt des Plättchens parallel oder senkrecht gegen den Hauptschnitt des Prisma ist. Auf diese Weise lassen sich die Erscheinungen auf folgende Weise zusammenfassen: Wann der Hauptschnitt des Plättchens mit dem Hauptschnitt des Prisma und mit der ursprünglichen Polarisationsebene zusammenfällt, gibt es nur Ein Bild, welches weiß ist, und dieß ist das gewöhnliche Bild. Wann der Hauptschnitt des Plättchens senkrecht steht auf dem Hauptschnitt des Prisma und auf der ursprünglichen Polarisationsebene, so gibt es nur Ein Bild, welches weiß ist, und dieß ist das ungewöhnliche Bild. In allen mittleren Stellungen gibt es zwei Bilder, welche stets mit denselben Ergänzungsfarben gefärbt sind; sie nehmen den lebhaftesten Glanz dann an, wenn der Hauptschnitt des Plättchens einen Winkel von $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{2}$ oder $\frac{7}{2}$ Quadranten mit dem Hauptschnitt des Prisma macht. — 2) Wenn der Hauptschnitt des Prisma senkrecht auf die ursprüngliche Polarisationsebene ist, so beobachtet man analoge Erscheinungen; nur tritt das gewöhnliche Bild an die Stelle des ungewöhnlichen und umgekehrt. — 3) Wenn der Hauptschnitt des Prisma weder parallel noch senkrecht gegen die ursprüngliche Polarisationsebene, so beobachtet man noch die nämlichen Erscheinungen; nämlich: ein Bild gar nicht und das andere weiß, wenn die zwei Hauptschnitte des Plättchens und das Prisma parallel oder senkrecht gegen einander sind; den größten Glanz in den Farben, wenn die Schnitte einen Winkel mit einander machen, der durch eine ungerade Anzahl Halbquandraten gemessen wird; und immer dieselben Nuancen mehr oder weniger geschwächt in allen mittleren Stellungen. — Die Plättchen von Bergkrystall, welche dicker als etwa ein halb Millimeter sind, geben nur sehr schwache Farben; aber alle mehr oder weniger dünne Plättchen geben verschiedene Nuancen, welche im allgemeinen desto lebhafter sind, je geringer die Dicke ist. Bekanntlich hat man aus den Farbenringen (s. d. Art.) eine gewisse Reihenfolge jeder Farbe abgeleitet, so daß es ein Roth der ersten, zweiten, dritten u. s. w. Ordnung gibt und eben so in Orange u. s. w. verschiedener Ordnungen. Biot der sich sehr genau mit den Farben der Krystallplättchen von derselben Substanz, aber verschiedener Dicke beschäftigt hat, erkannte, daß, wenn man die Dicken auf eine angemessene Weise zunehmen läßt, man eine Reihe von Plättchen herstellen kann, von denen z. B. das erste das Roth der ersten Ordnung, das zweite das Roth der zweiten Ordnung u. s. w. gibt;

und indem er die Dicken dieser Plättchen genau verglich, fand Biot daß dieselbe die Reihenfolge der natürlichen Zahlen 1, 2, 3 u. s. w. befolgen. Mit Hilfe dieses Gesetzes darf man nur wissen, bei welcher absoluten Dicke eine gewisse Farbennuance in einer krystallinischen Substanz erzeugt wird, um zu bestimmen, welche Farbennuance bei einer andern Dicke erzeugt werden werde, oder welche Dicke die krystallinische Substanz haben müsse, um eine gewisse Farbennuance zu geben. Die einaxigen Krystalle können in dieser Beziehung sehr große Verschiedenheiten darbieten, denn Biot findet z. B., daß ein der Axe paralleles Plättchen kohlensauren Kalks 18 mal dünner sein muß als ein Plättchen Bergkrystall, ebenfalls der Axe parallel, um dieselbe Farbenstufe zu geben. Daher ist es fast unmöglich, diese Beobachtungen mit kohlensaurem Kalk zu machen.

Nachdem Biot eine große Anzahl sorgfältiger Versuche und Untersuchungen angestellt, ist er dahin gekommen, alle Erscheinungen durch eine Theorie zu erklären, welche als die Theorie der beweglichen Polarisation bekannt ist. Diese Theorie geht von der Emissionstheorie aus (s. d. Art. Licht), während eine andere von Fresnel auf dem Systeme der Vibrationen beruht. Es würde zu weit führen, diese Theorien, welche mathematisch durchgeführt sind, hier näher anzugeben.

Folgendes soll nur eine Vorstellung von den Principien geben, auf welchen die Theorie Fresnels beruht. Der kleine Kreis (Fig. 56.) dessen Mittelpunkt in C ist, stellt den senkrechten Durchschnitt eines polarisirten Lichtbündels vor; PP′ ist die Richtung seiner ursprünglichen Polarisationsebene. Dieses Lichtbündel begegnet zuerst bei senkrechtem Einfall einem Krystallplättchen, welches parallel der Axe geschnitten ist; LL′ ist die Richtung des Hauptschnitts; sie macht einen Winkel a mit der Linie PP′ der Polarisationsebene; MM′ ist eine Senkrechte auf LL′. Nachdem es durch das Plättchen hindurchgegangen ist, fällt das Lichtbündel auf ein Rhomboid oder ein doppeltbrechendes Prisma, dessen Hauptschnitt nach RR′ gerichtet ist; er macht einen Winkel b mit der Linie PP′ der Polarisationsebene. BB′ ist eine Senkrechte auf den Hauptschnitt RR′ des Rhomboids. Versuchen wir die Bilder, welche hervorgebracht werden, ihre relative Intensität, und die gegenseitige Wirkung des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahles auf einander zu bestimmen. Wir bezeichnen mit 1 die Intensität des polarisirten Strahles im Augenblicke, wo er auf das Krystallplättchen fällt. Beim Durchgehen durch das Plättchen zerlegt sich das Bündel in zwei andere, ein gewöhnliches und ein ungewöhnliches, welche zur Intensität haben,

das erste: $\cos.^2 a = F_o$ polarisirt nach CL,
das zweite: $\sin.^2 a = F_e$ polarisirt nach CM′.

Aber das Plättchen ist viel zu dünn, als daß es zwischen ihnen eine merkliche Trennung gebe. Beim Durchgehen durch das Rhomboid zerlegt sich jedes dieser einzelnen Bündel noch in zwei andere:

$$\cos.^2 a \text{ gibt} \begin{cases} \cos.^2 a \cos.^2 (a-b) = F_o + {}_o{}' & \text{polarisirt nach CR.} \\ \cos.^2 a \sin.^2 (a-b) = F_o + {}_e{}' & \text{polarisirt nach CB.} \end{cases}$$

$$\sin.^2 a \text{ gibt } \begin{cases} \sin.^2 a \sin.^2 (a - b) = F_e + {}_o' \text{ polarisirt nach CR,} \\ \sin.^2 a \cos.^2 (a - b) = F_e + {}_e' \text{ polarisirt nach CB'.} \end{cases}$$

Die beiden nach CR polarisirten Theile nehmen dieselbe Richtung, um nach dem Auge zu gelangen, und stellen zusammen das gewöhnliche Bild her; und eben so sind es die beiden nach CB und CB′ polarisirten Theile, welche das ungewöhnliche Bild herstellen. Hieraus ergeben sich folgende Elemente:

$$\text{für das gewöhnliche Bild } \begin{cases} \cos.^2 a \cos.^2 (a - b) = F_o + {}_o' \\ \sin.^2 a \sin.^2 (a - b) = F_e + {}_o' \end{cases}$$

$$\text{für das ungewöhnliche Bild } \begin{cases} \cos.^2 a \sin.^2 (a - b) = F_o + {}_e' \\ \sin.^2 a \cos.^2 (a - b) = F_e + {}_e'. \end{cases}$$

Man wird anfangs glauben, daß die Elemente jedes dieser Bilder sich nur einfach zu einander fügen dürfen, um sowohl das gewöhnliche als das ungewöhnliche Bild herzustellen; aber man muß bedenken, daß die beiden Elemente jedes Bildes nicht dieselbe Geschwindigkeit haben. Beim gewöhnlichen Bilde z. B. hat das Bündel $= F_o + {}_o'$ die gewöhnliche Brechung im Plättchen und im Rhomboid erlitten, während das Bündel $F_e + {}_o'$ die ungewöhnliche Brechung im Plättchen und die gewöhnliche Brechung im Rhomboid erlitten hat. Da nun die gewöhnlichen und die ungewöhnlichen Geschwindigkeiten verschieden sind, so folgt daraus eine Beschleunigung oder eine Verzögerung des einen der beiden elementaren Bündels gegen das andere, und folglich ein Zusammenstimmen oder Nichtzusammenstimmen der Vibrationen, welche mehr oder weniger vollständig sein können, wie wenn diese Bündel in Wirklichkeit mehr oder weniger ungleiche Wege zu durchlaufen hätten. Es sei E der Weg, den das erste Bündel $F_o + {}_o'$, und E′ der Weg, den das zweite Bündel $F_e + {}_o'$ zu durchlaufen hat; so wird $E - E'$ die Differenz der durchlaufenen Wege sein; und in diesem Falle zeigt Fresnel daß die gesammte Intensität, um statt durch die Summe der beiden elementaren Bündel dargestellt zu sein, oder durch die Summe der Quadrate ihrer Geschwindigkeit, durch diese Summen mehr dem doppelten Producte dieser Geschwindigkeiten multiplicirt mit $\cos.\ 2\pi \frac{c}{d}$ dargestellt ist. Hierbei bezeichnet π den halben Kreisumfang für den Radius 1; c ist die Differenz der durchlaufenen Wege, welche hier $E - E'$ ist; d ist die Länge einer Undulation für die Art Licht, welche in Betracht kommt. Folglich wird endlich für das gewöhnliche Bild die Intensität $\cos.^2 b - \sin.\ 2a \sin.\ 2(a-b) \sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right)$. Die Intensität des ungewöhnlichen Bildes wird nach denselben Principien gefunden; nur hat Fresnel gezeigt, daß zu der Differenz der durchlaufenen Wege der beiden das Bild herstellenden Bündel eine halbe Undulation hinzugefügt werden muß, wenn ihre Polarisationsebenen fortfahren sich von einander zu entfernen (betrachtet von einer einzigen Seite ihres gemeinschaftlichen Durchschnittes), bis eine in die Verlängerung der anderen fällt. Da nun die beiden Bündel $F_o + {}_e'$ und $F_e + {}_e'$, welche das unge-

wöhnliche Bild geben, polarisirt sind, das eine nach CB, das andere nach CB′, die Verlängerung von CB; so muß zu E — E′, der Differenz der Wege, welche sie in dem Plättchen durchlaufen haben, eine halbe Undulation hinzugefügt werden, welche durch die Verrückung der Polarisationsebene noch verloren geht. Zu der Summe der Intensitäten oder zur Summe der Quadrate der Geschwindigkeiten muß also hinzugefügt werden das Product dieser Geschwindigkeiten multiplicirt mit $\cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d} + \frac{1}{2}\right) = -\cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$.

Dieß gibt für die Intensität des ungewöhnlichen Bildes:

$$\cos.^2 a \sin.^2 (a - b) + \sin.^2 a \cos.^2 (a - b)$$

$$- 2 \cos. a \sin. (a - b). \sin. a \cos. (a - b). \cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$$

oder $(\sin. a \cos. (a - b) - \sin. (a - b) \cos. a)^2$

$$+ 2 \sin. a \cos. (a - b) \sin. (a - b) \cos. a$$

$$- 2 \cos. a \sin. (a - b) \sin. a \cos. (a - b) \cos. 2\pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$$

oder endlich $\sin.^2 b + \sin. 2a \sin.^2 (a - b) \sin.^2 \pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$.

Dieses sind, sagt Fresnel die allgemeinen Formeln, welche die Intensität jeder Art homogenen Lichtes in dem gewöhnlichen und dem ungewöhnlichen Bilde als Functionen der Länge der Undulation und des Unterschieds der Wege E — E′ geben, welche die Strahlen beim Durchgange durch das Krystallplättchen durchlaufen haben. Kennt man die Dicke desselben und die Geschwindigkeiten der gewöhnlichen und der ungewöhnlichen Strahlen in dem Krystall, so wird es leicht sein E — E′ zu bestimmen. Im Bergkrystall und in den meisten Krystallen von doppelter Brechung, erleidet E — E′ nur sehr geringe Veränderungen, je nach der verschiedenen Natur der Lichtstrahlen; so daß man sie als eine constante Quantität für alle Krystalle halten kann, wo die Zerstreuung doppelter Brechung sehr gering ist, in Bezug auf die doppelte Brechung. Wenn man nach der Berechnung von E — E′, diese Differenz nach einander durch die mittlere Länge einer Oscillation jeder der 7 Hauptfarben dividirt, und diese verschiedenen Quotienten nach einander in obige Ausdrücke setzt, so erhält man die Intensitäten jeder Art farbiger Strahlen im gewöhnlichen und ungewöhnlichen Bilde, und wird hiernach die Farbenstufen dieser Bilder nach den empirischen Formeln bestimmen können, welche Newton gegeben hat, um die Farbe zu finden, welche aus irgend einer Mischung verschiedener Strahlen sich ergibt, deren relative Intensitäten man kennt. Deßhalb muß man die allgemeinen Formeln, welche die Intensität jeder Art homogenen Lichtes als Function seiner Undulationslänge geben, als den Ausdruck der Farbenstufe, welche weißes Licht selbst gibt, betrachten. — Wir kehren jetzt zu den beiden allgemeinen Formeln zurück, um sie in einzelnen besonderen Fällen zu betrachten.

Gewöhnliches Bild: $\cos.^2 b - \sin. 2a \sin. 2(a - b) \sin^2 \pi\left(\frac{E - E'}{d}\right)$;

Ungewöhnliches Bild: $\sin.^2 b + \sin. 2a \sin. 2(a-b) \sin.^2 \pi \left(\frac{E-E'}{d}\right)$

1) Die Summe der Intensitäten beider Bündel gibt wieder die ursprüngliche Intensität, welche als Einheit angenommen wurde. — 2) Bei senkrechtem Einfall ist die Differenz der durchlaufenen Wege in allen Krystallen proportional der Dicke; und in jedem Krystalle hängt sie außerdem ab von der Differenz der Geschwindigkeiten des gewöhnlichen und des ungewöhnlichen Strahles oder der Brechungsexponenten, welche diesen beiden Arten von Strahlen entsprechen. In einem Krystall, wo die Brechungsexponenten beinahe gleich wären, würde eine große Dicke nöthig sein, um z. B. das Roth der ersten Ordnung zu erhalten; während daß, um dieselbe Nuance zu erhalten, nur eine sehr geringe Dicke nöthig wäre, wenn die Brechungsexponenten des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahles sehr verschieden wären. — 3) Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege einer sehr großen Anzahl von Oscillationen gleich ist, so sind die Bilder weiß. Mit Ausnahme dieser Fälle können die Bilder auch noch für andere Verhältnisse weiß sein, welche wir untersuchen wollen. — 4) Die nothwendige Bedingung, daß es keine Farben in den Bildern gebe, ist offenbar, daß der Ausdruck, welcher mit der Länge der Oscillationen variirt $= 0$ sei; weil dann die Strahlen aller Farben gleiche Intensitäten haben, und weiß hervorbringen werden. Die Bedingung, unter welcher die Bilder weiß erscheinen, ist also enthalten in dem Ausdruck: $\sin. 2a \sin. 2(a-b) = 0$; und derselbe kann nur erfüllt sein durch $a = 0$, $a = 1^q$, $a = 2^q$, $a = 3^q$ oder durch $b = a$, $b = 1^q + a$, $b = 2^q + a$, $b = 3^q + a$. Also sind die Bilder immer weiß, erstens wenn der Hauptschnitt des Plättchens parallel oder senkrecht gegen die ursprüngliche Polarisationsebene ist. Zweitens, wenn der Hauptschnitt des Plättchens parallel oder senkrecht gegen den Hauptschnitt des Rhomboids ist. Dasselbe konnte man von vorn herein wissen, weil in dem ersten Falle das Bündel beim Durchgange durch das Plättchen nur eine einzige Brechung erleidet, und im zweiten Falle beim Durchgange durch das Rhomboid eine einzige Refraction erfährt. — 5) Die nothwendige Bedingung, damit die Bilder mit den lebendigsten Farben gefärbt erscheinen, ist offenbar, daß der Ausdruck, welcher mit den Undulationslängen variirt, sein Maximum erreicht; und dieß ist der Fall, wenn sein Coefficient $= 1$ ist, oder wenn $\sin. 2a \sin. 2(a-b) = 1$. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn $a = 45°$ und $b = 0°$. Dieß gibt:

$$\text{Gewöhnliches Bild: } \cos.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right);$$

$$\text{Ungewöhnliches Bild: } \sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right).$$

Also die lebhaftesten Farben werden beobachtet, wenn die Axe des Plättchens einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht, und wenn zugleich der Hauptschnitt des Rhomboids dieser Ebene parallel ist. Die Erfahrung bestätigt dieß. — 6) Die sich endlich er-

gebende Polarisationsebene kann leicht auf eine allgemeine Weise in dem einem und dem anderen Bilde bestimmt werden. Wenn der Unterschied der durchlaufenen Wege gleich 0° oder einer geraden Anzahl halber Undulationen ist, so hat man $E - E' = \frac{2\,n\,d}{2}$ oder $\frac{E - E'}{d} = n$. Dieß n kann alle ganzen Werthe 0, 1, 2 u. s. w. haben, so hat man $\sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right) = \sin.^2 n\,\pi = 0$. Also für $b \pm 0$ erlischt das ungewöhnliche Bild, während das gewöhnliche Bild = 1 wird, und dieses dann bei seiner Ausstrahlung in die ursprüngliche Polarisationsebene vollkommen polarisirt ist. Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege gleich einer ungeraden Anzahl halber Undulationen ist, so hat man $E - E' = (2\,n + 1)\,\frac{d}{e}$ oder $\frac{E - E'}{d} = \frac{2\,n + 1}{2}$ und $\sin.^2 \pi \left(\frac{E - E'}{d}\right) = \sin.^2 \pi \left(\frac{2\,n + 1}{2}\right) = 1$. Also für $b = 2\,a$ verschwindet das ungewöhnliche Bild, während das gewöhnliche Bild = 1 wird; und dieses ist dann bei seiner Ausstrahlung vollkommen in das Azimuth 2 a polarisirt, oder in den Hauptschnitt des Rhomboids. Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege weder eine gerade noch eine ungerade Anzahl halber Undulationen ist, so gibt es kein Bild, welches verschwinden könnte, und die ausstrahlenden Bündel sind dann nach verschiedenen Richtungen polarisirt. — Alle Resultate der Formeln stimmen mit der Erfahrung überein.

Krystalle mit Einer Axe, auf welche das Lichtbündel schief auffällt. Gesetzt, wir hätten ein Krystallplättchen, dessen beide Seiten parallel der Axe geschnitten wären; LL′ (Fig. 57.) sei die Richtung der Axe, und MM′ eine Senkrechte auf diese Richtung. Dieses Plättchen ist auf einen der Träger des vorhergehenden Apparates (Fig. 54.) gebracht. LL′ oder der Hauptschnitt macht einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene; das polarisirte Lichtbündel, welches durch ihn hindurch geht, wird mit einem Rhomboid oder doppeltbrechenden Prisma untersucht, dessen Hauptschnitt mit der Polarisationsebene zusammenfällt. Wir wissen, daß dann die Farben ihren lebhaftesten Glanz annehmen. Gesetzt das Plättchen werde jetzt auf das polarisirte Lichtbündel geneigt; und um eine bestimmte Vorstellung festzuhalten, wollen wir es nur in doppeltem Sinne drehen: um LL′ und um MM′. — 1) Wenn das Plättchen um die Axe LL′ dreht, so hört die Brechung nicht auf, in einer Ebene senkrecht auf die Axe vor sich zu gehen, und die Geschwindigkeit des ungewöhnlichen Strahles ändert sich nicht mit der Schiefe, und der Unterschied der durchlaufenen Räume bleibt proportional der Länge des Weges im Innern des Plättchens. Hieraus folgt, daß dieselbe Wirkung eintritt, als wenn das Plättchen dicker würde, ohne seine senkrechte Lage gegen das Lichtbündel zu verändern. Folglich gehen die Farben nach und nach in höhere Ordnungen über. — 2) Wenn das Plättchen um

die Linie MM′ dreht, senkrecht auf die Axe, so geht die Brechung in dem Hauptschnitte vor sich, und es ergeben sich zwei Ursachen, welche im entgegengesetzten Sinne wirken. Von der einen Seite ändert sich die ungewöhnliche Geschwindigkeit mit der Schiefe; sie nimmt zu in den positiven Krystallen und ab in den negativen, und in beiden Fällen nähert sie sich der gewöhnlichen Geschwindigkeit. Durch diese Ursache wird also die Differenz der durchlaufenen Wege um so kleiner, je größer die Neigung wird. Es ist, als wenn das Plättchen dünner würde. Von der andern Seite wird die Länge des Weges der Strahlen im Innern des Krystalles mit der Neigung wachsen, und diese Ursache vermehrt immer mehr die Differenz der durchlaufenen Wege; es ist als ob die Plättchen dicker würden. Man könnte eine krystallisirte Substanz annehmen, welche von der Beschaffenheit wäre, daß sich die zwei entgegen wirkenden Ursachen genau compensirten, und dann würden die Farbenstufen der Bilder bei allen Schiefen unveränderlich bleiben, wenn man die Plättchen neigte, indem man sie um die Senkrechte auf ihre Axe drehte. Im Bergkrystall ist die erste Ursache die überwiegende, woraus zuletzt folgt, daß sich die Färbungen ändern, wie wenn die Plättchen dünner würden. Mithin gehen die Farben in tiefere Ordnungen über, z. B. von der dritten zur zweiten u. s. w. Die Wirkungen werden offenbar nach gewissen Gesetzen complicirter werden, wenn man, um die Plättchen zu neigen, sie um eine Linie dreht, welche weder parallel noch senkrecht gegen die Axe ist. — Alle diese Erscheinungen können mit großer Schärfe und mit großem Glanze an einer Glimmerart beobachtet werden, welche sich in der Lava des Vesuv findet. Ihr blättriges Gefüge gibt seiner Natur nach Plättchen, die man mit der Spitze eines Federmessers beliebig verdünnen kann. Jedes dieser kleinen Plättchen ist ein Krystall mit Einer Axe, welche senkrecht auf die beiden Flächen des Plättchens ist. Bei senkrechtem Einfall hat es daher keine Färbung, weil die beiden Strahlen, der gewöhnliche und der ungewöhnliche, sich dann im Sinne der Axe bewegen. Neigt man aber die Plättchen in irgend einem Sinne, so neigt man sie immer im Hauptschnitt, und die Wirkungen sind immer dieselben, wie wenn man ihre Dicke vermehrte. Der Beryll ist auch ein Krystall mit Einer Axe, der bei diesen Versuchen angewendet werden kann. — Es ist kaum noch nöthig zu erwähnen, daß man vielfach variirte und noch vollständigere Farbenstufen erhält, wenn man den polarisirten Strahl durch zwei verschiedene Plättchen hindurchgehen läßt, diese Plättchen mögen nun einfach übereinander gelegt werden, oder jedes auf einen der Träger des Apparates (Fig. 54. und 55.) befestigt worden sein. In diesem letzten Falle kann das eine gegen das andere alle möglichen Stellungen erhalten. Die Verdoppelung der Plättchen gibt ein Mittel Farben in den Krystallen zu entwickeln, wo man bei directer Beobachtung keine entdecken kann. Nehmen wir z. B. ein Plättchen Quarz parallel der Axe, welches mehre Millimeter oder sogar mehre Centimeter Dicke hat, und folglich völlig weiße Bilder gibt; so wird es zwei Arten geben, diese Bilder gefärbt zu machen, wie die von Plättchen, deren Dicke kleiner als ein halb Millimeter ist. Man gelangt dazu durch

die parallele und die kreuzweise Doppelung. — 1) Die parallele Doppelung. Man nimmt einen negativen Krystall, z. B. Kalkspath, und schneidet davon ein Plättchen parallel der Axe, und von einer solchen Dicke, daß die Differenz der vom gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahl durchlaufenen Wege etwas größer oder kleiner als dieselbe Differenz in dem Quarzblättchen ist. Diese beiden Plättchen legt man so über einander, daß ihre Hauptschnitte unter einander parallel sind, und ihre Verbindung verhält sich wie ein einziges dünnes Plättchen Quarz oder Kalkspath. Der Grund ist klar: im Quarz verliert der ungewöhnliche Strahl an Geschwindigkeit über dem gewöhnlichen, im Kalkspath gewinnt er an Geschwindigkeit. Mithin ist zuletzt die Differenz der durchlaufenen Wege in den zwei übereinander gelegten Plättchen nur der Ueberschuß der Differenz der Wege in dem einen über die Differenz der Wege in dem anderen. Das Resultat kann also nach den vorhergehenden Formeln im Voraus berechnet werden. — 2) Kreuzweise Doppelung. Man nimmt einen positiven Krystall, wie den Quarz, und schneidet dann ein Plättchen parallel der Axe und von einer solchen Dicke, daß die Differenz der vom gewöhnlichen und vom ungewöhnlichen Strahl durchlaufenen Wege etwas größer oder etwas kleiner sei, als dieselbe Differenz in dem Quarzplättchen. Man legt diese beiden Plättchen so übereinander, daß ihre beiden Hauptschnitte senkrecht gegen einander sind, und ihre Verbindung verhält sich wie Ein dünnes Plättchen. Der Grund ist klar: der ungewöhnliche Strahl, welcher in dem ersten Plättchen an Geschwindigkeit verloren hat, wird zum gewöhnlichen Strahl in dem zweiten und gewinnt wieder an Geschwindigkeit und so auch umgekehrt; also zuletzt ist die Differenz der durchlaufenen Wege in den beiden gekreuzten Plättchen nur der Ueberschuß der Differenz der Wege in dem einen über die Differenz der Wege in dem andern; und wenn die beiden Plättchen von derselben Substanz sind, so bringt ihre Verbindung genau dieselbe Wirkung hervor, wie ein einziges Plättchen, dessen Dicke gleich dem Unterschiede der Dicken jener beiden Plättchen ist. Der größeren Einfachheit wegen wurden die Plättchen parallel der Axe angenommen. — Aus diesen Erscheinungen ergibt sich die einfachste Methode, zu sehen, ob ein gegebener Krystall positiv oder negativ ist. Denn man braucht davon nur ein Plättchen mit parallelen Flächen zu schneiden, welches dick genug ist, um keine Farben zu geben, und es nachher mit einem dicken Plättchen eines bekannten Krystalls, z. B. Quarz zu verbinden. Entstehen die Farben durch parallele Doppelung, so wird der gegebene Krystall das entgegengesetzte Zeichen von Quarz haben, also negativ sein; entstehen sie durch kreuzweise Doppelung, so wird der gegebene Krystall dasselbe Zeichen wie der Quarz haben, also positiv sein. Man sieht, daß es nur nöthig ist die Hauptschnitte beider Krystalle zu kennen, sowohl des zu untersuchenden, als dessen, mit dem man die Prüfung vornimmt; es ist nicht nöthig, daß die Flächen der Axe parallel sind.

Die Krystalle mit zwei Axen, welche sich am meisten zu den Versuchen eignen, die uns beschäftigen, sind der Glimmer und der schwefelsaure Kalk (blätterige Gyps) wegen ihrer Eigenschaft, sich von

Natur in Platten von immer größerer Dünne zu spalten. Die kleinen Blätter des schwefelsauren Kalkes lassen sich ohne Mühe nach ihrem natürlichen Gefüge spalten; sie geben so Parallelogramme mit Seiten, auf welche wir die Richtungen der Axen beziehen werden. Hauy nimmt als ursprüngliche Form dieser Substanz das Parallelogramm an, dessen Seiten im Verhältniß von 13 zu 12 stehen. Wenn man die Seite 12 verdreifacht, indem man der anderen ihren Werth läßt, so erhält man ein neues Parallelogramm, dessen große Axen genau die Richtung der **mittleren Linie** bezeichnet; die Axen, welche symmetrisch zu beiden Seiten von dieser Linie liegen, machen mit ihr einen Winkel von 30°, und folglich unter einander einen Winkel von 60°. Ist daher ein Plättchen schwefelsauren Kalks gegeben, so ist es leicht seinen Hauptschnitt zu finden, weil man nur die mittlere Linie zu ziehen, und durch diese Linie einen Schnitt senkrecht auf die Seiten des Plättchens anzunehmen braucht. Um jetzt die durch den schwefelsauren Kalk gegebenen Farben zu untersuchen, wird man die Plättchen auf die Träger E und E′ des Apparates (Fig. 54.) bringen, wie bei den Krystallen mit einer Axe. Nachher wird man mit dem doppeltbrechenden Prisma die Erscheinungen beobachten, welche das durchgelassene Lichtbündel darbietet. Die Farben werden einen lebhaften Glanz haben, wenn die Plättchen sehr dünn sind, und man wird sich leicht überzeugen können, daß beim senkrechten Einfall alle Erscheinungen um die mittlere Linie im Krystall vor sich gehen, nach denselben Gesetzen, wie um die Axe bei den einaxigen Krystallen; und durch ein merkwürdiges Zusammentreffen geben gleiche Dicken des Quarzes und des schwefelsauren Kalkes genau dieselben Nuancen. — Die ursprüngliche Form des sibirischen Glimmers ist ein gerades Prisma mit rhombischer Grundfläche, senkrecht auf der Ebene der Plättchen. Die mathematische Axe des Prismas ist die mittlere Linie, und die optischen Axen, welche symmetrisch gegen diese Linie liegen, machen mit ihr einen Winkel von 20° 21′, indem ihre Ebene durch eine der Diagonalen des Rhombus geht. Diese Anordnung ist, wie man sieht, sehr verschieden von der des schwefelsauren Kalkes. Bei senkrechtem Einfall befolgen dennoch die Plättchen des sibirischen Glimmers dieselben Gesetze, wie Plättchen der einaxigen Krystalle, nur daß die Diagonale des Rhombus, welche die Ebene der Axen bestimmt, an die Stelle der Einen Axe tritt. Was die absolute Dicke betrifft, welche einen gewissen Farbenton bestimmt, so hat **Biot** gefunden, daß sie größer als beim schwefelsauren Kalk ist, im Verhältniß von 696 zu 365. Bei Prüfung der Erscheinungen, welche die Plättchen der zweiaxigen Krystalle hervorbringen, sobald der Strahl unter verschiedenen Schiefen auf sie fällt, kann man Methoden zur Bestimmung der Axen selbst ableiten, aber wir werden im Folgenden ein einfacheres und directeres Mittel anzeigen. Um diese Phänomene zu beobachten, genügt es, dünne Plättchen Glimmer oder schwefelsauren Kalk so auf einem schwarzen Grunde horizontal anzuordnen, daß sie das Licht der Wolken empfangen. Betrachtet man sie dann durch einen Turmalin unter dem Polarisationswinkel, so bemerkt man auf ihrer zweiten Oberfläche sehr glänzende einfache Farbenstufen.

Wir wollen nun bei den einaxigen Krystallen, die besondern farbigen Ringe untersuchen, welche alle Krystalle doppelter Brechung erzeugen können, und wir wollen als Beispiel den Kalkspath nehmen, welcher sehr regelmäßige Farben gibt. Die allgemeinen Bedingungen der Erscheinung sind: Ein weißes polarisirtes Lichtbündel geht senkrecht durch ein Plättchen, welches senkrecht auf die Axe ist; nach seiner Ausstrahlung betrachtet man es mit einer Turmalinplatte, und man bemerkt eine Reihe runder concentrischer und sehr lebhaft gefärbter Kreise. Fig. 58. stellt die Anordnung des Versuches dar. RR′ ist der Reflector, auf welchem das Lichtbündel durch Reflexion polarisirt wird. Derselbe besteht in einer großen Glasplatte von 6 bis 8 Zoll Durchmesser, oder einer einfachen wohlpolirten Holzscheibe, welche mit einem glänzenden Firniß überzogen ist. PP′ ist die auf die Axe senkrechte Platte; es ist gut, sie einige Zoll vom Auge zu halten. TT′ ist die Turmalinplatte, welche wir auf eine Glasplatte mit parallelen Flächen VV′ geleimt annehmen. Das Phänomen ändert sich, so wie die Stellung des Turmalin eine andere wird. Fig. 59. stellt die Reihe der Ringe vor, wenn die Axe des Turmalin in der ursprünglichen Polarisationsebene sich befindet. Dann geht durch sie ein schönes schwarzes Kreuz, welches seine beiden Arme auf eine große Entfernung erstreckt. Fig. 60. setzt im Gegentheil voraus, daß die Axe des Turmalins senkrecht auf die ursprüngliche Polarisationsebene ist; an die Stelle des schwarzen Kreuzes tritt dann ein weißes Kreuz, und in allen seinen Punkten ergänzt das neue Bild das erste. Wenn man den Turmalin langsam dreht, um ihn aus der ersten Stellung in die zweite überzuführen, so kann man mit dem Auge die Nuancen verfolgen, durch welche die Farben in einander übergehen. Um die Gesetze zu studiren, denen diese Ringe unterworfen sind, genügt es, mit einfachem Lichte zu operiren, indem man z. B. ein rothes Glas in den Weg des polarisirten Lichtbündels stellt, und nachher den Abstand des Auges, die Dicke der Krystallplatte und die Durchmesser der Ringe zu messen. Auf diese Weise gelangt man zu folgenden zwei allgemeinen Gesetzen: 1) In demselben Plättchen folgen die Quadrate der Durchmesser der Ringe der verschiedenen Ordnungen, die Reihe der Zahlen 0, 1, 2, 3, 4 u. s. w. 2) In Plättchen von verschiedener Dicke sind die Quadrate der Durchmesser derselben Ordnung im umgekehrten Verhältniß der Dicken der Plättchen. — Was die absolute Dicke betrifft, die ein Plättchen einer gegebenen Substanz haben muß, um Ringe von einer gegebenen Größe zu erzeugen, so hängt sie im Allgemeinen ab von dem Verhältniß der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Geschwindigkeit des Lichtes im Innern des Krystalls. Die Ursache dieser Abhängigkeit wird aus demjenigen einleuchten, was wir über die Ursache des Phänomens selbst sagen werden. Es sei PP (Fig. 61.) die auf die Axe senkrechte Platte, und O die Stelle des Auges. Der Theil des einfallenden Lichtbündels, welcher gesehen wird, bildet eine Art Lichtkegel OBB′, dessen Spitze O sich im Auge befindet, dessen kreisförmige Grundfläche einen mit der Entfernung veränderlichen Durchmesser BB′ hat, und dessen Axe mit der Axe des Krystalls zusammenfällt. Die verschiedenen

Strahlen dieses Kegels zeigen sehr verschiedene Wirkungen; diejenigen, welche der Axe CO zunächst sind, gehen durch die Platte ohne abgelenkt zu werden, und diejenigen, welche sich in der Nähe der Ränder befinden, ABO, gehen schief durch sie hindurch, und sind folglich der doppelten Brechung unterworfen; aber diese beiden Brechungen gehen stets in derselben Ebene vor sich, weil jeder senkrechte Schnitt, der durch CO geht, ein Hauptschnitt ist. Ferner erleiden die verschiedenen Strahlen, welche gleichweit von der Axe abstehen, oder in einen und denselben Kreisumfang vertheilt sind, sehr verschiedene Modificationen in ihren Polarisationsebenen; denn wenn man durch DBD′B′ (Fig. 62.) den Durchschnitt des Lichtbündels im Augenblicke, wo er aus dem Krystallplättchen heraustritt, und durch BB′ die ursprüngliche Polarisationsebene darstellt, so ist klar: 1) daß die Strahlen B und B′ in der ursprünglichen Ebene polarisirt bleiben, weil ihre Polarisationsebene mit dem Hauptschnite BB′ zusammenfällt, durch den sie durchgehen; 2) daß die Strahlen D und D′ ebenfalls in ihrer ursprünglichen Ebene polarisirt bleiben, weil ihre Polarisationsebene senkrecht auf den Schnitt DD′ ist, durch welchen sie hindurchgehen; 3) daß solche Strahlen, wie F, sich in zwei andere zerlegen, einen gewöhnlichen, der nach F′H polarisirt ist, und einen ungewöhnlichen, der nach F′K polarisirt ist; denn der Hauptschnitt FF′, durch den sie gehen, ist weder senkrecht noch parallel gegen die Ebene F′L oder BB, der ursprünglichen Polarisation. Nun nehmen aber diese letzten Strahlen, indem sie sich so trennen, nothwendig verschiedene Geschwindigkeiten an, der gewöhnliche Strahl gewinnt vor dem ungewöhnlichen einen Vorsprung oder umgekehrt, je nachdem der Krystall positiv oder negativ ist; und entfernt man sich allmälich von der Axe C, so sieht man, daß jener Vorsprung nach und nach gleich einer geraden oder einer ungeraden Anzahl Undulationen wird. Beobachtet man jetzt mit dem Turmalin ein auf diese Weise bestimmtes Lichtbündel, so sieht man leicht, daß Ringe und ein schwarzes oder weißes Kreuz entstehen müssen, je nachdem der Hauptschnitt des Turmalins parallel oder senkrecht gegen die ursprüngliche Polarisationsebene BB′ ist. Um im Voraus die Ordnung der Farbenstufen und die absolute Größe der Ringe zu bestimmen, genügt es, die Stellung des Auges, die Dicke der Platte und die gewöhnliche und ungewöhnliche Geschwindigkeit zu kennen, welche jeder Art einfachen Lichtes entspricht. Die Platten von Kalkspath, welche einige Millimeter oder sogar 2 oder 3 Centimeter Dicke haben, geben ziemlich regelmäßige Ringe. Diese Substanz selbst, so wie die übrigen Krystalle mit Einer Axe bieten im Allgemeinen verschiedene Zufälle dar, über welche Herschel interessante Beobachtungen gemacht hat. Zuweilen sind die Ringe mehr oder weniger oval, und wenn man die Platte in ihrer Ebene dreht, so sieht man das schwarze Kreuz in mehr oder weniger gekrümmte Curven sich brechen. Dieß ist ein sicheres Zeichen, daß die Krystallisation nicht vollkommen regelmäßig ist. Der Quarz, der Beryl bieten ähnliche Zufälle noch häufiger und mannigfaltiger. Unter allen Modificationen, welche die Erscheinung der Ringe erleiden kann, ist eine der auffälligsten die, welche sich oft beim unterschwefelsaurem

Kalk und bei gewissen Proben Apophyllit, besonders bei denen, welche von Cipit in Tyrol kommen, zeigt. Diese Substanzen geben ganz anders nuancirte Ringe als die übrigen einaxigen Krystalle. Beim Apophyllit z. B. sind sie fast völlig schwarz und weiß.

Die farbigen Ringe können auf unzählig viele Arten zum Vorschein gebracht werden; denn man braucht nur ein polarisirtes Lichtbündel (natürlich vom Lichte des Himmels oder künstlich durch Zurückwerfung oder Brechung), durch einen Krystall von Einer Axe gehen zu lassen, so daß der mittlere Strahl in der Richtung der Axe geht, und endlich es zu beobachten, indem man es nochmals durch Zurückwerfung oder Brechung polarisirt. Der bequemste Apparat zu dieser Art von Beobachtungen ist jedoch der von Herschel, der in Fig. 63. abgebildet ist. C und C′ sind zwei kupferne Röhren von geringer Länge, von denen die eine in der andern steckt, so daß sie leicht in ihr gedreht werden kann. T und T′ sind zwei Turmalinplatten, welche durch die Bewegung der Röhren, an die sie befestigt sind, mit ihren Axen parallel oder senkrecht gegen einander gestellt werden können. PP′ ist die krystallisirte Platte, welche senkrecht auf die Axe ist; mittelst eines kleinen Knopfes B und einer entsprechenden Spalte in der Röhre C kann sie in ihrer Ebene gedreht werden. VV′ ist endlich wechselsweise ein mattgeschliffenes Glas oder eine Linse mit kurzer Brennweite. Mit dem mattgeschliffenen Glase betrachtet man in T und empfängt die Ringe im Auge, man mag sich nun des Sonnenlichtes oder des Lichtes der Wolken bedienen; das Glas dient das Licht auszutheilen und der erste Turmalin es zu polarisiren. Mit der Linse setzt man den Apparat im verdunkelten Zimmer einem Bündel Sonnenlicht aus, welches anfangs in T′ oder ungefähr dort concentrirt ist, und welches nachher durch die Platte PP′ und den Turmalin T gehend auf einer weißen Tafel das vollständige System der Ringe darstellt. Wenn man an die Stelle Eines auf die Axe senkrechten Plättchens zwei von derselben Substanz oder von verschiedenen Substanzen setzt, so werden die Erscheinungen verwickelter und bieten besondere Erscheinungen dar, von denen man sich bei einiger Aufmerksamkeit Rechenschaft geben kann. Dasselbe ist noch der Fall, wenn eines der Plättchen auf irgend eine Weise gegen die Axe geneigt ist. Man sieht leicht, wie man mit Hilfe der Ringe dahin gelangen kann, genau die Richtung der Axe bei den einaxigen Krystallen zu bestimmen.

Um die Erscheinung der farbigen Ringe bei den Krystallen mit zwei Axen zu analysiren, wollen wir zuerst als Beispiel den Salpeter (das salpetersaure Kali) nehmen. Die Krystalle dieser Substanz sind gewöhnlich Prismen mit 6 Flächen, deren auf die Kanten senkrechter Schnitt ein regelmäßiges Sechseck bildet. Gesetzt man habe durch geeignete Mittel ein Salpeterplättchen senkrecht auf die Länge des Prisma hergestellt, von ungefähr 1 oder 2 Millimeter Dicke; so liegen die beiden optischen Axen dieses Plättchens in einer Ebene senkrecht auf die Oberflächen, und zwar symmetrisch gegen die Krystallisationsaxe, gegen welche sie eine Neigung von ungefähr 3°, also gegen einander eine

Neigung von 6° haben. Nachdem dieses Plättchen zwischen die beiden Turmaline, welche in dem Herschelschen Apparate kreuzweise gegen einander stehen, gebracht worden, um sie direct bei ausgebreitetem Lichte zu betrachten, so sieht man regelmäßig geordnete brillante Farben, wie in Fig. 64. vorgestellt ist. Es ist ein doppeltes System von elliptischen oder vielmehr ovalen Ringen. Jedes System hat seinen Mittelpunkt, das eine in C, das andere in C′ und ihre Entfernung erscheint dem Auge unter einem Winkel von 6°. Es finden sich zwei rechtwinkliche schwarze Streifen, deren einer durch die Mittelpunkte geht. Bleiben die Turmaline unbewegt, und dreht man das Salpeterplättchen in seiner Ebene, so sieht man die schwarzen Linien sich brechen, sich umgestalten und nach einander diejenigen Stellungen einnehmen, welche in Fig. 65., 66. und 67. dargestellt sind. Fig. 65. zeigt, wie die Erscheinung beim Anfange der Drehung auftritt. Fig. 66. entspricht einer Drehung um 22° 30′ und Fig. 67. einer Drehung um 45°. Dieselben Folgen wiederholen sich in jedem Quadranten. Diese Erscheinungen können noch bequemer im verdunkelten Zimmer studirt werden, mit Hilfe des Sonnenlichtes. Zu dem Zwecke muß man die Linse V V′ (Fig. 63.) anbringen, und eine Tafel in gehöriger Entfernung von T′ aufstellen, um das Bild aufzunehmen. Man kann auf diese Weise die Linien gleicher Farbenstufe oder die isochromatischen (v. d. griech. ἴσος gleich, und χρῶμα Farbe) Linien zeichnen, und Herschel, der zuerst diese Versuche angestellt, hat sich überzeugt, daß sie den Geometern die unter dem Namen Lemniscate wohl bekannte Linie bilden. Die verschiedenen Erscheinungsarten dieser Curve sind in Fig. 68. dargestellt. Ihre charakteristische Eigenthümlichkeit ist, daß das Product der beiden Abstände CA und CA′ irgend eines Punktes von den beiden Mittelpunkten für dieselben Curven constant und gleich dem Producte der halben Entfernung der Mittelpunkte von einander mit einer bekannten Größe, welche für jede Curve eine andere ist. Das doppelte Ringsystem wird durch die beiden Axen erzeugt, und der Mittelpunkt jedes Systems zeigt die Verlängerung der Axe, um welche er erzeugt wird. Hieraus ergibt sich sowohl ein leicht zu entdeckendes charakteristisches Merkmal, nach welchem die zweiaxigen Krystalle von den einaxigen zu unterscheiden sind, als ein sicheres Mittel, die absolute Richtung der Axen und den Winkel, den dieselben unter einander machen, zu bestimmen. Man darf nur die Richtung der Schnitte, nach denen man die Plättchen herstellt, so lange verändern, bis sich die Ringe zeigen, und durch mineralogische Kennzeichen kann man sich eine Menge vergeblicher Versuche ersparen. Man begreift indeß, daß, wenn die Axen etwas große Winkel unter einander machten, es unmöglich werden würde, zugleich beide Ringsysteme zur Beobachtung zu bringen. Dieß kommt in der That vor, z. B. beim Glimmer, dessen beide Axen ebenfalls in einer auf die Plättchen senkrechten Ebene liegen. Bei dieser Substanz verändert sich der Winkel der Axen bei den verschiedenen Exemplaren von 14° bis 45° und selbst bei den kleinsten Winkeln kann man nur die der einen Axe entsprechenden Ringe auf einmal beobachten. Man kann dann auf folgende Weise verfahren.

Nachdem man ein Glimmerplättchen von etwa 1 Millim. Dicke gewählt hat, wird man leicht die beiden rechtwinkligen Schnitte entdecken, in denen das polarisirte Licht durchgeht, ohne seine Polarisationsebene zu verändern; der eine dieser Schnitte ist der Hauptschnitt, welcher die beiden Axen enthält. Um ihn zu erkennen, setzt man das Plättchen senkrecht einem polarisirten Lichtbündel aus, so daß die Polarisationsebene einen Winkel von 45° mit den beiden erwähnten Schnitten macht, und in dieser Stellung neigt man ihn nacheinander um jeden dieser beiden Schnitte. Bei der Neigung um den einen Schnitt findet sich eine Stellung, in der die Ringe und der Strich im Mittelpunkte erscheinen; man weiß dann, daß der Lichtstrahl nach der Richtung einer der Axen fortgeht. Neigt man hierauf im entgegengesetzten Sinne, so daß derselbe Schnitt immer in der Einfallsebene liegt, so findet man eine Stellung, bei der die Ringe erscheinen, und welche mithin die Richtung der zweiten Axe anzeigt. Die beiden Ringsysteme bieten für sich allein im Glimmer betrachtet denselben Anblick dar, wie beide zugleich im Salpeter. Wenn für alle Farben des Spectrums die optischen Axen genau dieselbe Richtung behielten, und wenn außerdem die Geschwindigkeiten den Längen der Undulationen proportional blieben, so wäre es leicht, in allen Fällen die Nuancen der Ringe der verschiedenen Ordnungen zu berechnen. Aber wir haben schon gesehen, daß in verschiedenen Krystallen mit Einer Axe die Geschwindigkeiten nach gewissen Gesetzen sich ändern; eben so ist es bei den Krystallen mit zwei Axen, und man beobachtet überdieß die merkwürdige Thatsache: daß in vielen Fällen die verschieden brechbaren Farben ihre optischen Axen in merklich verschiedenen Richtungen haben. Schneidet man ein Plättchen weinsteinsaures Kali-Natron ungefähr senkrecht auf eine der Axen, und setzt es hernach einem Streif Sonnenlicht zwischen den beiden sich kreuzenden Turmalinen im Apparat Fig. 63. aus, um es nach und nach mit den verschiedenen Farben des Spectrums zu beleuchten, so sieht man, wie auf der Tafel die Ringe ihre Stelle verändern, ohne sich umzugestalten; der Mittelpunkt, welcher dem rothen Lichte angehört, ist merklich verschieden von demjenigen, welcher dem violetten Lichte entspricht. Derselbe Umstand würde auch für die Ringe der anderen Axe stattfinden, und **Herschel**, dem man diese Entdeckung verdankt, scheint durch zahlreiche Versuche bewiesen zu haben, daß die den verschiedenen Farben entsprechenden Systeme von Axen sämmtlich in derselben Ebene enthalten sind. Wenn es daher heißt, ein Krystall habe zwei Axen, so bedeutet dieß eigentlich, daß er ein System von 2 Axen für jede einfache Farbe hat, und daß der Winkel dieses Systems mit der Brechbarkeit sich ändert.

Fresnel hat mit dem Namen **Circularpolarisation** oder **kreisförmiger** Polarisation ein Phänomen bezeichnet, welches **Arago** zuerst beobachtet hat, und zwar in Platten von Bergkrystall, die senkrecht auf die Axe geschnitten waren. **Biot** hat diese Erscheinung nachher in Flüssigkeiten und selbst in Dämpfen beobachtet. Wenn ein Bündel homogenen polarisirten Lichtes senkrecht durch eine auf die Axe senkrechte Platte Bergkrystall geht, so bleibt es nach der Ausstrah-

lung noch polarisirt, aber seine Polarisationsebene ist verändert: die Platten von gewissen Exemplaren drehen von **rechts nach links**, und Platten von anderen Exemplaren drehen im Gegentheil von links nach rechts, in Bezug auf die ursprüngliche Polarisationsebene. Der Apparat Fig. 54. ist sehr bequem, um diese Thatsache durch den Versuch zu bestätigen. Man bringt die Bergkrystallplatte auf einen der Träger E oder E', so daß sie der polarisirte Strahl senkrecht trifft; man läßt auf den Reflector nach und nach alle Farben des Spectrums fallen, und beobachtet das durchgelassene Lichtbündel mittelst des doppelt brechenden Prismas oder des Turmalins, um die Richtung seiner Polarisationsebene zu bestimmen. Indem man auf diese Weise auf Platten von verschiedener Dicke operirt, welche von demselben Exemplare Bergkrystall genommen sind, und dann die Versuche mit Platten von verschiedenen Exemplaren wiederholt, so kommt man zu folgenden Resultaten: 1) Für alle Platten von demselben Krystall ist die Drehung der Polarisationsebene der Dicke proportional. Eine Platte kann also dick genug sein, um eine Rotation von Einer oder mehreren Halbkreisen hervor zu bringen; welches die neue Polarisationsebene zum vollkommenen Zusammenfallen mit der ursprünglichen Polarisationsebene zurückführen würde. — 2) In derjenigen Quarzvarietät, welche nach **Hauy Plagiëder** heißt, bestimmt der Sinn, in welchem die Facetten geneigt sind, immer die Richtung der Drehung der Polarisationsebene. Diese Entdeckung, aus welcher eine neue Verbindung zwischen den optischen Eigenthümlichkeiten der Krystalle und dem Agregationszustand ihrer Bestandtheilchen sich ergibt, ist von **Herschel** gemacht worden. — 3) Ein Krystall mag nun von rechts nach links oder von links nach rechts drehen, immer ist dieselbe Dicke mit ziemlich derselben Drehung verbunden. — 4) Legt man zwei Platten übereinander, welche die Drehung im entgegengesetzten Sinne bewirken, so ist die Wirkung, welche sie hervorbringen, ziemlich gleich derjenigen, welche eine einzige Platte hervorbringen würde, welche eine Dicke gleich ihrem Unterschiede, und im Sinne der dickeren Platte wirkend hervorbringen würde. — 5) Die verschiedenen Farben des Spectrums erleiden in ihrer Polarisationsebene um so größere Drehungen, je brechbarer sie sind. Indem **Biot** zur Grundlage die Rotation nahm, welche durch eine Bergkrystallplatte von 1 Millim. Dicke hervorgebracht wird, kam er zu folgenden Resultaten für die verschiedenen einfachen Farben.

Benennung des einfachen Strahles.	Drehungsbogen in Sexagesimalgraden.		
Aeußerstes Roth....................	17°	29'	47''
Gränze des Roth und Orange	20	28	47
" " Orange und Gelb	22	18	49

Benennung des einfachen Strahles.	Drehungsbogen in Sexagesimalgraden.		
Gränze des Gelb und Grün	25°	40′	31″
" " Grün und Blau	30	2	45
" " Blau und Indigo	34	34	18
" " Indigo und Violet	37	51	58
Aeußerstes Violet....................	44	4	58

Da alle verschieden brechbaren Strahlen verschiedene Polarisationsebenen haben, so muß offenbar ein Bündel weißen polarisirten Lichtes, welches auf eine Bergkrystallplatte fällt, nach seinem Ausstrahlen mehr oder weniger lebhafte Farben darbieten, wenn man es mittelst des doppelt brechenden Prismas oder mittelst des Turmalins betrachtet. Die Zusammensetzung seiner Farbenstufen wird sich aus den vorhergehenden Angaben ableiten lassen. Brewster hat die Erfahrung gemacht, daß die verschiedenen Lagen, aus denen gewisse Amethystexemplare bestehen, mit entgegengesetzten Eigenschaften begabt sind, und abwechselnd die Polarisationsebene in dem einem oder in dem anderen Sinne drehen. Hieraus ergibt sich eine Reihe von Streifen, welche auf unzählige Arten zusammengesetzt und verschlungen sind, sobald man ein Bündel weißen polarisirten Lichtes durch eine passend geschnittene Amethystplatte gehen läßt.

Unter den festen Substanzen ist bis jetzt der Quarz der einzige bekannte, welcher die Polarisationsebenen unter den angegebenen Bedingungen dreht; aber Biot und Seebeck haben Flüssigkeiten und sogar Gase entdeckt, welche diese Eigenschaft haben. Die Flüssigkeiten, in denen Biot die Phänomene der kreisförmigen Polarisation entdeckt und beobachtet hat, sind: das Terpentinöl, das Citronenöl (jene dreht von rechts nach links, diese von links nach rechts), die Kampferauflösung in Weingeist, der Zuckersyrup u. a. In allen diesen Substanzen treten genau dieselben Erscheinungen auf, wie im Bergkrystall; sie unterscheiden sich nur durch die Intensität. In folgender Tabelle sind die vergleichbaren Resultate zusammengestellt, welche Biot für dieselbe Art rothen Lichtes gefunden hat, indem die Platten sämmtlich durch Rechnung auf 1 Millim. Dicke reducirt sind.

Von rechts nach links:

Bergkrystall..	18°	24′	50″
Terpentinöl	0	16	16
" (andere Art)............................	0	15	4
" (gereinigt)................................	0	17	10

Von rechts nach links.

Auflösung {Kampher künstl. 1753 / Weingeist 17359}	0	1	5
Lorbeeröl	"	"	"

Von links nach rechts:

Bergkrystall	18	24	50
Citronöl	0	26	10
Concentr. Zuckersyrup	0	33	14

Wie es scheint bleiben diese Verhältnisse ziemlich dieselben für die verschiedenen Farben; so daß ein polarisirter weißer Strahl beim Durchgehen durch alle diese Substanzen beinahe dieselben Folgen der Farbenstufen gibt. Der Apparat, dessen man sich bei dieser Art von Untersuchungen bedient, besteht in einer metallenen Röhre von hinreichender Länge, welche an beiden Enden mit parallelen Glasplatten verschlossen ist. Diese Röhre wird mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt, und dann läßt man nach der Richtung ihrer Axe ein Bündel polarisirten Lichtes durch sie hindurch gehen, welches man nach seiner Ausstrahlung mittelst des doppelt brechenden Prismas analysirt. Wenn man die Reinheit einer dieser Flüssigkeiten trübt, indem man sie mit einer anderen Flüssigkeit vermischt, welche entweder gar keine Wirksamkeit hat, oder dieselbe, oder die entgegengesetzte, so ist die Totalwirkung stets gleich der Summe oder der Differenz der einzelnen Wirkungen, welche durch die Bestandtheilchen jeder einzelnen dieser Flüssigkeiten hervorgebracht worden wäre. Dieß Gesetz besteht noch, wenn die Bestandtheile chemischen Wirkungen unterworfen sind, und sogar wenn die Flüssigkeiten in Dampfform übergehen, wie Biot gezeigt hat, indem er in einer langen Röhre Versuche über den Dampf von Terpentinöl anstellte.

Fresnel nimmt an, daß die Lichtvibrationen in dem Sinne der Oberfläche der Wellen selbst vor sich gehen, senkrecht auf die Richtung der Strahlen, und daß ein polarisirtes Bündel dasjenige ist, für welches diese Vibrationen stets dieselbe Richtung haben, indem seine Polarisationsebene diejenige ist, auf welche jene kleinen oscillatorischen Bewegungen der Aethertheilchen beständig senkrecht bleiben; nun aber folgt hieraus, daß, wenn zwei Wellensysteme von gleicher Intensität und welche rechtwinklig polarisirt sind, (d. h. deren oscillatorische Bewegungen senkrecht unter einander sind), in ihrem Gange um eine Viertelundulation differiren, — die zusammengesetzte Bewegung, welche sie jedem Theilchen mittheilen werden, anstatt wie in jedem der beiden für sich betrachteten Bündel geradlinig zu sein, kreisförmig sein und mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit vor sich gehen wird. Die Molécules wer-

den sich von rechts nach links drehen, wenn das Wellensystem, welches voraus ist, seine Polarisationsebene rechts von derjenigen des Wellensystemes hat, welches um eine Viertelundulationslänge nachsteht; und sie werden sich von links nach rechts drehen, wenn jene Ebene links von dieser ist, oder wenn (indem die Polarisationsebenen wie vorher angeordnet bleiben) die Differenz der Wege $\frac{3}{4}$ der Undulationslänge beträgt. Wenn die Differenz der Wege anstatt eine gerade oder ungerade Anzahl von Viertelwellenlängen zu sein, eine Bruchzahl wäre, so würden die Vibrationsbewegungen weder kreisförmig noch geradlinig, sondern elliptisch sein. Man begreift, daß bei dieser allgemeinen Rotation der Molécules um ihre Gleichgewichtsstellungen, sie in demselben Augenblicke nicht dieselben Punkte der Umkreise, welche sie beschreiben, einnehmen, in Betracht der fortschreitenden Bewegung der Wellen. Um sich ihre relativen Stellungen vorzustellen, muß man annehmen, daß diejenigen, welche sich auf derselben geraden dem Strahle parallelen Linie befinden, sich jetzt auf einer sehr engen Schraubenlinie befinden, welche um jene gerade Linie als Axe beschrieben ist, und deren Gänge um eine Wellenlänge auseinander liegen. Dreht man jetzt diese Schraubenlinie gleichförmig um ihre Axe, so daß sie einen Umkreis beschreibt in derselben Zeit, in welcher eine Lichtundulation vor sich geht, und nimmt man überdieß an, daß in jedem unendlich dünnen Schnitte senkrecht auf den Strahl, alle Molécules dieselben Bewegungen ausführen, und dieselbe gegenseitige Lage behalten, — so wird man eine genaue Vorstellung von der Art von Vibrationen haben, welche die Circularpolarisation bewirkt. — Ein System von Wellen, welches geradlinig polarisirt ist, kann durch zwei andere Systeme ersetzt werden, welche gegeneinander senkrecht polarisirt sind, und von denen keines dem andern voreilt. Ferner kann jedes von diesen durch zwei andere in derselben Ebene polarisirte Strahlen ersetzt werden, deren einer um ein Achtel einer Undulationslänge voraus eilt, während der andere um ein Achtel einer Undulationslänge zurückbleibt, und die mithin um ein Viertel einer Undulationslänge von einander getrennt sind. So erhält man 4 Wellensysteme von gleicher Intensität, von welchen 2 im rechten Winkel polarisirt um ein Viertel Undulationslänge den beiden andern, die auch im rechten Winkel polarisirt, voraus sind. Combinirt man diese Systeme jetzt kreuzweise, d. h. jeden von den zurückbleibenden mit dem vorauseilenden, welcher rechtwinklig mit ihm polarisirt ist, so wird man genau zwei gleiche Bündel haben, die mit einander übereinstimmen und kreisförmig polarisirt sind, das eine von rechts nach links, das andere von links nach rechts. Mithin kann jedes geradlinig polarisirte Lichtbündel von der Intensität 1, durch zwei andere kreisförmig polarisirte Bündel ersetzt werden, welche mit einander übereinstimmen, deren jedes eine Intensität $= \frac{1}{2}$ hat, und von denen das eine von rechts nach links, das andere von links nach rechts dreht. Umgekehrt bringt ein System von zwei kreisförmig polarisirten Bündeln immer ein geradlinig polarisirtes Bündel hervor in einer einzigen Ebene; aber mit der durch die Theorie angegebenen Bedingung, daß wenn die beiden kreisförmig polarisirten Bündel auf ihrem Wege eine Differenz der Wege erlan-

gen, die Polarisationsebene des geradlinig polarisirten Bündels, welche sie ersetzen kann, sich von rechts nach links oder von links nach rechts um einen Winkel drehen muß, der der Differenz der Wege proportional ist. Die Drehung wird in dem einen oder dem andern Sinne erfolgen, je nachdem das von links nach rechts kreisförmig polarisirte Bündel voraus geeilt oder zurück geblieben ist. Nach diesen Bemerkungen ist es klar: wenn es eine Substanz gibt, welche die Eigenthümlichkeit hat, mit verschiedenen Geschwindigkeiten die kreisförmig von rechts nach links und von links nach rechts polarisirten Bündel hindurch zu lassen, so wird jeder geradlinig polarisirte Strahl beim Durchgange durch eine solche Substanz eine Drehungsbewegung in seiner Polarisationsebene erleiden. Diese Bewegung wird in dem einen oder dem anderen Sinne vor sich gehen, je nachdem das eine System verzögert oder beschleunigt worden ist; sie wird proportional der Dicke der Substanz sein; und endlich wird sie nach gewissen Gesetzen von der Undulationslehre des Lichtes abhängen. — Auf diese Weise erklärt Fresnel die Erscheinungen der kreisförmigen Polarisation. Es kommt, wie man sieht, darauf an, zu begreifen, daß ein geradlinig polarisirtes Lichtbündel durch ein System von zwei in entgegengesetztem Sinne kreisförmig polarisirten Bündeln ersetzt werden kann, und anzunehmen, daß von diesen beiden Systemen das eine schneller als das andere geht, wenn sie gewisse Körper durchdringen. Diese zweite Annahme kann völlig hypothetisch erscheinen, aber Fresnel hat sich bemüht sie auf directe Weise aufzuzeigen.

Das Prisma oder der Cylinder ABCD (Fig. 69.) ist aus drei Prismen von Bergkrystall zusammengesetzt, von denen jedes für sich gearbeitet ist, und die nachher sorgfältig zusammengefügt sind. Das in der Mitte ASB hat an der Spitze S einen Winkel von 152°, es ist von einem Quarzkrystall genommen, welcher z. B. eine Drehung von rechts nach links bewirkt, und seine beiden Seitenflächen AS und SB haben gegen die Axe gleiche Neigung. Die beiden äußeren DAS und CBS sind von einem Quarzkrystall genommen, welcher eine Drehung im entgegengesetzten Sinne bewirkt, also von links nach rechts. Ihre Seiten AD und CB sind genau senkrecht gegen die Axe, und ihre Seiten AS und BS sind passend geneigt, so daß die optischen Axen der drei Prismen in derselben Richtung liegen. Läßt man jetzt in dieser Richtung einen polarisirten Strahl hindurch gehen, so erkennt man, daß er sich in zwei theilt, und bei seinem Ausstrahlen zwei divergirende Strahlen gibt. Der Bergkrystall übt also in der Richtung der Axe eine doppelte Brechung aus, und diese doppelte Brechung gleicht in nichts derjenigen, welche gewöhnlich im Quarz und in den anderen Krystallen vor sich geht; denn die beiden ausstrahlenden Bündel geben weder das eine noch das andere irgend eine Spur von Polarisation, wenigstens gibt jedes von ihnen immer zwei weiße und gleich helle Bilder, wenn man sie mit dem doppelt brechenden Prisma analisirt. Diese merkwürdige Erscheinung ist der directe Beweis, daß die im entgegengesetzten Sinne kreisförmig polarisirten Bündel sich nicht mit derselben Geschwindigkeit in der Richtung der Axe des Bergkrystalls fort-

pflanzen, und daß dasjenige von ihnen, welches am schnellsten in den beiden äußeren Prismen geht, am langsamsten in dem mittleren Prisma geht. In der That beobachten wir das polarisirte Bündel, welches in AD vorgestellt ist, als zusammengesetzt aus zwei im entgegengesetzten Sinne polarisirten und unter einander zusammenstimmenden Bündeln bestehend. Wenn sie beim Durchgange durch das Prisma ADS verschiedene Geschwindigkeiten annehmen, so werden sie beim Uebergange von ADS nach ASB verschiedene Brechungen erleiden, und um so verschiedener, je mehr sie hier die Rollen wechseln, und der vorher schnellere jetzt der langsamere wird und umgekehrt. Nachdem sie schon auf dem ganzen Wege durch ASB und beim Uebergange von diesem Prisma in das letzte CSB getheilt worden, theilen sie sich noch mehr, weil der schnellste wieder der langsamste wird und umgekehrt. Die beiden ausstrahlenden Bündel sind also nichts weiter, als die beiden im entgegengesetzten Sinne polarisirten Bündel, aus denen das einfallende Bündel bestand, und die durch die ungleiche Geschwindigkeit getrennt worden sind, welche sie in dem entgegengesetzten Quarzprismen haben annehmen müssen.

ABCD (Fig. 70.) ist ein Parallelepipedum von Glas, dessen spitze Winkel ungefähr 54°, und dessen stumpfe Winkel folglich 126° betragen. Ein polarisirtes Lichtbündel, welches senkrecht durch die Oberfläche CB eintritt, erleidet zwei völlige Reflexionen in P und in S, ungefähr unter dem Winkel von 54°, und tritt senkrecht aus, durch die Oberfläche AD. Wenn die Polarisationsebene dieses Lichtbündels einen Winkel von 45° mit der Ebene der doppelten Reflexion macht, so scheint es, als ob nach dem Ausstrahlen völlige Entpolarisirung stattfände, d. h., das mit dem doppelt brechenden Prisma analysirte Lichtbündel gibt in jeder Richtung zwei weiße und gleich starke Bilder. Die Entpolarisirung ist jedoch nur scheinbar; dieß Bündel ist nicht in Wahrheit ein natürliches Lichtbündel. Von diesem unterscheidet es sich durch zwei wesentliche Merkmale: 1) Es erhält seine Polarisation in Einer Ebene wieder, sobald man es zwei neuen völligen Reflexionen unter demselben Winkel unterwirft, in einem zweiten dem ersten ähnlichen Parallelepipedum, welches auch die Richtung der zweiten Reflexionsebene gegen die erste sein mag. Wenn die beiden Ebenen zusammenfallen, so fällt die neue Polarisationsebene auch mit der ersten zusammen. — 2) Beim Durchgange durch die Krystallplättchen entwickelt das Lichtbündel Farbenstufen, welche andere Charaktere haben und anderen Gesetzen unterworfen sind, als diejenigen, welche durch das natürliche Licht gegeben werden. Das Lichtbündel, um das es sich hier handelt, ist kreisförmig polarisirt; es ist identisch mit einem der Lichtbündel, welche wir in dem vorhergehenden Versuche mit dem dreifachen Quarzprisma erhalten haben. Um diese Indentität zu beweisen, darf man nur in dem Glasparallelepipedum die zwei aus dem dreifachen Prisma ausstrahlenden Bündel der doppelten Reflexion unterwerfen. Jedes von ihnen gibt dann ein polarisirtes Bündel; aber für das eine fällt die Polarisationsebene 45° rechts von der Reflexionsebene,

für das andere 45° links. Dieß zeigt klar, daß sie im entgegengesetzten Sinne kreisförmig polarisirt sind.

Wenn man Glasplatten langsam bis zum Rothwerden erhitzt und hernach in einer recht kalten Luft abkühlt, so werden sie hart und spröde. Sie haben dadurch einen neuen Agregationszustand erlangt, eine Härtung ähnlich der des Stahls, wie alle ihre physischen Eigenthümlichkeiten zeigen. Auf eine noch mehr in die Augen fallende Weise geht es aber aus ihren optischen Eigenthümlichkeiten hervor. Diese Platten verhalten sich wie Krystallplatten; sie färben die durch sie hindurchgehenden polarisirten Lichtbündel mit lebhafteren Farben. Um diese Farben zu beobachten, kann man einfach mit einem Turmalin eine gehärtete Glasplatte betrachten, welche horizontal gelegt ist, und das Licht der Wolken empfängt. Stellt man sich unter dem Winkel der vollkommenen Polarisation, so bemerkt man auf der zweiten Oberfläche der Platte Kreise und farbige Streifen, welche eine Art wunderlicher Symmetrie darbieten. Die Anordnung der Farben ändert sich, wenn man den Turmalin dreht und eben so, wenn man die Platte dreht. Die Erscheinungen werden hier von den Modificationen hervorgebracht, welche beim Durchgehen durch die Scheibe das Licht erleidet, das auf der zweiten Oberfläche reflectirt und polarisirt worden ist.

Die Versuche können auf eine etwas bequemere Weise angeordnet werden, wenn man auf einer großen schwarzen Spiegelglasplatte das Licht der Wolken oder das einer Lampe, die mit einer matten Kugel umgeben ist, polarisirt. Hierauf hält man die Glasplatte senkrecht gegen das polarisirte Lichtbündel und nahe genug bei die Spiegelplatte, und beobachtet sie aus einer gewissen Entfernung mit dem Turmalin. Verschafft man sich eine Sammlung runder, ovaler, viereckiger, dreieckiger, sechseckiger u. s. w. Platten von 1 oder 2 Zoll Breite, bei verschiedenen Dicken von 1 Linie bis zu 8 oder 10 Lin., so kann man auf interessante Weise die Erscheinungen beobachten, welche nach diesen Umständen einzeln sich ändern. Viereckige Platten z. B. geben Erscheinungen, welche denen in Fig. 71. und 72. analog sind, nämlich ein schwarzes Kreuz in der Mitte, und lebhaft gefärbte Kreise in den 4 Winkeln. Die um diese Kreise gebildeten Ringe verfältigen sich zuweilen und umgeben das schwarze Kreuz wie in Fig. 72. Dreht man die Platte in ihrer Ebene, so erhält man Fig. 73. Die runden Platten geben zuweilen dieselben Erscheinungen, wie die Plättchen von Kalkspath senkrecht auf die Axe; aber meist sind das schwarze Kreuz und die Ringe bis zur Unkenntlichkeit verzerrt. Eine sechseckige Platte gibt die Fig. 74. eine rectanguläre die Fig. 75. Verbindet man verschiedene Platten, so erhält man complicirtere Wirkungen, in denen nicht immer möglich ist, ein Auftreten von Symmetrie zu entdecken. — Eine sehr interessante Erfahrung, die man an den gehärteten Platten macht, ist, daß man von dem Ganzen nicht irgend ein etwas bedeutendes Stück abtrennen kann, ohne daß die Farben des Uebrigbleibenden eine große Veränderung erleiden. Hieraus geht hervor, daß sich die gehärteten Glasplatten in einem gewissen Zustande der Spannung ihrer Bestandtheilchen befinden, welche nicht geändert werden kann, ohne zugleich die

Farbenerscheinungen zu ändern. Mit ihrem erzwungenen Aggregationszustande verlieren die gefärbten Glasplatten ihre Eigenthümlichkeit Farben zu geben, nehmen sie mit der Härtung aber auch wieder an. Hieraus kann man schließen, daß wenn man schnell den Aggregationszustand eines durchsichtigen Körpers ändern könnte, um ihn sogleich wieder herzustellen, man ihm vorübergehend ähnliche Eigenthümlichkeiten wie den Krystallplättchen mittheilen würde. Dieß ist in der That bei allen Körpern der Fall, bei denen die hervorgebrachte Aenderung unregelmäßig, d. h. ungleich in den verschiedenen Punkten ist. Die Flüssigkeiten und die Gase bieten Massen dar, in denen man die Gleichhaltigkeit der Aggregation nicht leicht stören kann, daher kann man bei diesen Substanzen die hier berührten Eigenthümlichkeiten auch nicht aufzeigen; übrigens aber braucht man nur irgend einen durchsichtigen Körper ungleich zusammen zu drücken, oder ungleich auszudehnen, um beim polarisirten Lichte Farben zu erhalten. Ein nicht gehärteter und wohl ausgeglühter Glasstreifen, z. B. von 1 F. Länge, 1 Z. Breite und 1 oder 2 L. Dicke, der in seiner Länge gebogen ist (Fig. 76.), und durch den in seiner Breite ein polarisirter Lichtstrahl geht, erzeugt lebhafte und deutliche Farbenstreifen. Man bemerkt auch, daß von einer Seite zur andern von der mittleren Lage CC′, welche in ihrem natürlichen Zustande bleibt, die Farben in der converen Seite, wo Ausdehnung stattfindet, die entgegengesetzten Gesetze befolgen, wie die in der concaven Seite, wo Zusammendrückung stattfindet. — Kreuzt man rechtwinklich zwei ähnlich gebogene Streifen, so erhält man (nach Brewster) die in Fig. 77. dargestellte Wirkung, die Diagonale DD′ ist die Linie ohne Polarisation, in deren Richtung die entgegengesetzten Wirkungen sich aufheben. Aehnliche Farbenerscheinungen hat Biot an einem vibrirenden (in zitternde Bewegung gesetzten) Streifen beobachtet. Die mechanische Zusammendrückung bringt ähnliche Wirkungen hervor, wie fast zu gleicher Zeit Seebeck und Brewster gezeigt haben, an Glasplatten, die durch einen Schraubstock zusammengepreßt wurden, oder an thierischen Galerten, welche zwischen zwei Glasplatten zusammengedrückt wurden. Endlich geben auch ungleiche Erwärmung oder Erkältung dieselben Erscheinungen. Fig. 78. stellt z. B. eine rectanguläre Glasplatte vor, welche auf eine rothglühende Metallstange gelegt ist. Obwohl anfangs die Ausdehnung (durch die Wärme) nur an der Seite AB vor sich geht, so erscheinen die Farben doch auch auf der Seite DC, ohne Zweifel in Folge des Zustandes von Zusammendrückung, in welchen die Bestandtheilchen in dem Augenblicke übergehen, wo die Seite AB durch die Ausdehnung verlängert wird. Zuweilen ist die Wärme der Hand hinreichend, eine Glasplatte zur Farbengebung zu bestimmen. Die Krystalle, welche nicht von Natur mit doppelter Strahlenbrechung begabt sind, verhalten sich wie das Glas unter dem Einfluß des mechanischen Druckes und der Wärmeausdehnung. Die mit doppelter Strahlenbrechung begabten Krystalle werden durch dieselben Einflüsse ebenfalls modificirt.

Da die Vibrationsbewegungen des polarisirten Lichtes in einer bestimmten Richtung erfolgen, so kann sich offenbar eine große Anzahl

von Fällen darbieten, in denen ihre Fortpflanzung auf andere Weise vor sich geht, als die des natürlichen Lichtes. Die Krystalle bieten in dieser Beziehung eine große Anzahl von Beispielen dar, unter denen wir nur die auffälligsten auswählen wollen. Der Turmalin ist ein Krystall mit Einer Axe doppelter Brechung, wie der Quarz und der Kalkspath; denn stellt man ein Turmalinprisma her, dessen Kante parallel der Axe ist, und dessen brechender Winkel sehr klein ist, so sieht man durch dieses Prisma die Gegenstände doppelt, und kann leicht das gewöhnliche und das ungewöhnliche Bild unterscheiden; so wie sich aber das Auge von der Spitze des brechenden Winkels entfernt, so daß die durchgelassenen Strahlenbündel eine größere Dicke des Krystalles durchdringen müssen, bemerkt man, wie das gewöhnliche Bild nach und nach schwächer wird, bis es endlich ganz erlischt. Der Turmalin hat mithin die Eigenthümlichkeit die Strahlenbündel zu absorbiren, welche in seinem Hauptschnitte polarisirt sind, während es die Eigenthümlichkeit behält, die Strahlenbündel hindurch zu lassen, welche senkrecht auf diesen Schnitt polarisirt sind, oder die ungewöhnlichen Strahlenbündel. Diese bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit ist beim Studium der Polarisation außerordentlich nützlich, und man begreift jetzt das Princip, auf welchem sie beruht. Es gibt helle oder leicht gebläute Turmaline, welche den gewöhnlichen Strahl nur dann zu absorbiren vermögen, wenn sie eine große Dicke haben, während die braunen Turmaline dieß schon bei einer Dicke bewirken, welche oft nur einen Bruchtheil eines Millimeters beträgt. — Der kohlensaure Baryt gibt in gewissen Richtungen zwei Bilder von fast gleicher Intensität, während er in anderen Richtungen eines der durch ihn gehenden Lichtbündel fast ganz absorbirt. — Der Glimmer in Platten von etwa 1 Lin. Dicke und gegen das durchgehende Lichtbündel passend geneigt, läßt nur ein in einem einzigen Sinne polarisirtes Bild durchgehen. Mithin ist das andere Bild zurückgeworfen oder absorbirt. — Brewster hat am Salpeter eine andere interessante Beobachtung gemacht. Ein Prisma, welches in eine Nadel Salpeter geschnitten ist, zeigt deutlich die beiden Bilder doppelter Brechung; aber wenn man die Flächen des Prisma ein wenig blind macht und darauf zwei parallele Glasstreifen leimt, so wird bald das eine bald das andere Bild verschwinden, je nach der Beschaffenheit des Leimes, dessen man sich bedient. Der Kopahubalsam bewirkt das Verschwinden des gewöhnlichen und Eiweiß das des ungewöhnlichen Bildes. Dieß stimmt offenbar mit dem Umstande überein, daß der Balsam einen Brechungsexponenten hat, der dem des gewöhnlichen Bildes beim Salpeter fast gleich ist, während der Brechungsexponent des Eiweißes dem des ungewöhnlichen Brechungsexponenten beim Salpeter gleich ist. Analoge Erscheinungen bringen andere Krystalle hervor. Brewster hat auch das Farbenspiel derjenigen Substanzen studirt, welche Dichroismus haben, d. h. welche zwei verschiedene Farben zeigen, je nachdem man sie in der einen oder in der anderen Richtung betrachtet, und hat gefunden, daß diese Farben von der Stellung der optischen Axen abhängen. Das von Hauy Dichroit genannte Mineral z. B. ist blau, wenn man es in der Richtung eines Schnit-

tes parallel mit der Axe betrachtet, und gelbbraun in der Richtung der senkrechten Schnitte.

Polarkreise der Erde heißen diejenigen dem Aequator parallel um die Erdkugel angenommenen Kreise, welche von den Polen der Erde um die Schiefe der Ekliptik (gemessen an den Meridianen) abstehen. Der nördliche Polarkreis umgibt den Nordpol, und schließt die nördliche kalte Zone ein, während der südliche Polarkreis die südliche kalte Zone abgrenzt und den Südpol umgibt. Denkt man sich die Ebenen, in welchen die Polarkreise der Erde liegen, verlängert, bis sie das Himmelsgewölbe treffen, so erhält man an diesem die Polarkreise des Himmels.

Polhöhe eines Ortes heißt die Höhe, in welcher der diesem Orte nächste Pol über dem Horizonte desselben, liegt. Diese Höhe wird an dem über den Ort gehenden Meridiane gemessen, indem der Bogen vom Pole bis zum Horizont in Graden u. s. w. ausgedrückt wird. Wenn man die Erde als eine vollkommene Kugel betrachtet, so ist die Polhöhe eines Ortes gleich seiner geographischen Breite, (s. d. Art.).

Porosität (v. d. griech. πόρος Loch), heißt die Eigenschaft der Körper, vermöge welcher ihre Bestandtheilchen nicht in einem durchaus ununterbrochenen Zusammenhange stehen, sondern durch größere oder kleinere Zwischenräume (Poren) unterbrochen werden. Bei einigen Körpern sind die Poren so groß, daß man sie leicht mit dem unbewaffneten Auge wahrnimmt, bei anderen erscheinen sie erst durch das Mikroskop und noch andere scheinen gänzlich ohne Poren zu sein, doch hat man auch bei diesen aus verschiedenen Erscheinungen auf das Vorhandensein von Poren geschlossen. Zu den offenbar porösen Körpern gehören alle festen vegetabilischen und thierischen Stoffe, deren Poren von Flüssigkeiten erfüllt sind. Wie groß die Anzahl der Poren hier sei, geht u. a. aus der Bemerkung hervor, daß Physiker auf einem Quadratzoll der menschlichen Haut über 1000 Oeffnungen entdeckt haben. Außer mittelst der Mikroskope kann man das Vorhandensein der Poren noch durch eine Menge von Versuchen nachweisen, indem man zeigt, wie die Körper für tropfbare und elastische Flüssigkeiten durchdringlich sind, welches nur von den in ihnen vorhandenen Oeffnungen herkommen kann. Eine große Anzahl der mit der Luftpumpe angestellten Versuche bestätigt auf diese Weise die Porosität der Körper. Die Poren sind nicht bloß äußerlich, sondern gehen in das Innere der Körper so, daß dieses eben so löcherig wie die Oberfläche ist. Gewöhnlich sind die Poren mit Luft oder mit eigenthümlichen Flüssigkeiten erfüllt, niemals sind sie völlig leer, und wenn man daher durch irgend ein Mittel die Poren eines Körpers mit einer bestimmten Substanz geflissentlich erfüllt, so muß diejenige Substanz, welche bis dahin jene Poren erfüllte, entweichen. Diejenigen Körper, welche für Gasarten und tropfbare Flüssigkeiten undurchdringlich sind, werden gewöhnlich

als nicht porös bezeichnet, und solche Körper sind die Metalle, die gebrannten Erden (Thon, Porzellan), Glas und überhaupt die meisten Körper, welche aus einem tropfbarflüssigen Zustande erstarren, wie Wachs, Harz, Gummi, Leim u. dgl. Die Bestandtheilchen der Flüssigkeiten scheinen in ununterbrochener Continuität zusammen zu hängen, so daß es hiernach in keiner Flüssigkeit Poren gäbe. Auch kann man mit dem schärfsten Mikroskope keine Oeffnungen in den Flüssigkeiten entdecken, und bekanntlich dienen verschiedene tropfbare Flüssigkeiten zur Absperrung luftförmiger Flüssigkeiten (solche, mit denen sie sich nicht verbinden), welche sie folglich nicht durch sich hindurch lassen. Dieser Mangel der Poren hat jedoch keine größere Dichte zur Folge, denn es gibt z. B. viele poröse Körper, welche ein größeres specif. Gewicht haben, also dichter sind als Wasser. Merkwürdig ist die Erscheinung, daß zuweilen sehr poröse Körper für Flüssigkeiten undurchdringlich erscheinen, so daß also das Nichtdurchdringen noch kein hinlängliches Zeugniß vom Mangel der Porosität ablegt. Der Kork ist bekanntlich einer der porösesten Körper, und doch läßt er (worauf seine vielfache Anwendung beruht) Flüssigkeiten nicht hindurch, und ein weicher zusammengedrückter sehr poröser Kork der in den Hals einer mit Gas gefüllten Flasche gesteckt ist, läßt sogar dieses nicht durch sich entweichen. Ohnerachtet, wie angezeigt, die Flüssigkeiten durchaus keine porösen Zwischenräume zeigen, so hat man doch, um die Erscheinungen der Absorption (s. d. Art.) zu erklären, das Vorhandensein von Poren in Flüssigkeiten zuweilen angenommen. Besonders merkwürdig sind die Fälle, wo zwei Flüssigkeiten zusammengegossen ein geringeres Volumen einnehmen als die Summe des Volumens, welches jede für sich vorher einnahm, beträgt. So z. B. wenn man 2 Th. Wasser mit 1 Th. Weingeist vermischt, so ist das Volumen beider um 0,05 kleiner als die Summe beider. Nimmt man Poren der Flüssigkeiten an, so wird man sagen: das Gemisch habe kleinere Poren als jede der einzelnen Flüssigkeiten, oder die eine sei zum Theil in die Poren der andern eingedrungen. Für eine allgemeine Porosität aller Körper hat man endlich ihre Durchdringlichkeit für die sogenannten unwägbaren Materien: Wärme, Licht, Elektricität, Magnetismus angeführt, aber mit Unrecht, da noch gar nicht erwiesen ist, daß die genannten wirkliche materielle Beschaffenheit haben, und da, wenn z. B. die Porosität die Ursache der Ausbreitung der Wärme durch alle Körper wäre, nicht wohl abzusehen ist, warum nicht aus demselben Grunde alle Körper für das Licht durchdringlich sind. Auch aus der Zusammendrückbarkeit der Körper hat man auf eine allgemeine poröse Beschaffenheit derselben geschlossen, doch geht schon aus den oben angeführten Verhältnissen der Flüssigkeiten gegen sichtlich sehr poröse Körper hervor, daß die Dichte der Körper, welche durch die Zusammenpressung verändert wird, auf einem anderen Grunde beruht, als auf der größeren oder geringeren Porosität der Materie.

Potassium, Kalimetall, Kalium ein leichtes Metall, welches 1807 Davy mit Hilfe der galvanischen Elektricität darstellte,

und damit bewieß, daß die fixen (reinen anorganischen) Alkalien (s. d. Art.) aus Metall und Sauerstoff bestehen, mithin Metalloxyde sind. Früher hielt man dieselben, so wie die Erden, für einfache unverbrennliche Körper. Durch galvanische Elektricität erhält man das Kalium, wenn ein Stückchen schwach befeuchtetes Kalihydrat zwischen die Pole einer kräftigen Säule gelegt wird. Dann treten am negativen Pole kleine glänzende Kügelchen auf, die schnell unter rectificirtes Steinöl gebracht werden müssen. Das Kalium findet sich, meistens als Oxyd an Säuren gebunden, sehr häufig in der Natur. Im Mineralreiche tritt es an Salpetersäure gebunden als Salpeter auf, in mehren Steinen, Feldspath, Glimmer, u. s. w.; auch im Meerwasser findet es sich, im Kochsalz an Chlor gebunden. Namentlich aber kommt es im Pflanzenreiche vor, weniger im Thierreiche an organische und anorganische Säuren gebunden. Das reine Kalium hat man in neuerer Zeit auch nach mehren minder kostspieligen und ergiebigeren Methoden als die Davysche herstellen gelernt. Das Kalium ist ein zinnweißes Metall von starkem Metallglanze, ähnlich dem Quecksilber, und hat ein specif. Gewicht = 0,865, ist also leichter als Wasser. In gewöhnlicher Temperatur ist es weich wie Wachs, in der Kälte hart und brüchig, und wird bei 46° R. flüssig. Bei schwacher Rothglühhitze verflüchtigt es sich in grünen Dämpfen und läßt sich in verschlossenen Gefäßen vollkommen überdestilliren. Es ist ein guter Leiter der Elektricität und der Wärme, und zeigt überhaupt alle Eigenschaften eines Metalls. Schon aus dem Vorhergehenden geht hervor, daß das Kalium sehr große Neigung sich mit Sauerstoff zu verbinden hat, und es entzieht denselben den meisten Körpern schon bei gewöhnlicher Temperatur. Wirft man etwas Kalium auf Wasser, so verbrennt es mit farbigem Lichte, indem es darauf hin und herfährt, und endlich mit einer schwachen Explosion verschwindet. Alle Sauerstoffsäuren, Oxyde und Salze werden durch Kalium zerlegt, wobei häufig Feuererscheinungen auftreten, und die Oxyde zuweilen vollständig reducirt werden. Bekannt sind drei Oxydationsstufen. Das Kaliumsuboxyd ist eine bläulich graue, spröde, leicht schmelzbare Masse, die begierig in höhere Oxydationsstufen übergeht. Das Kaliumoxyd, Kali ist (im wasserleeren Zustande) ein fester, grauer, spröder, schwer schmelzbarer, feuerbeständiger, geruchloser, stark ätzender Körper, der eine große Affinität zum Wasser hat, und daher dasselbe begierig aus der Luft anzieht, zerfließt, sich damit stark erhitzt und, je nachdem es in geringerer oder größerer Menge vorhanden, trockenes Hydrat, krystallisirtes Kali oder die wässerige Lösung desselben bildet. Das trockene Kalihydrat (trockenes Aetzkali, ätzendes Pflanzenlaugensalz, im geschmolzenen Zustande Aetzstein), ist eine harte spröde Masse, von weißer Farbe, wenn es ganz rein ist, gewöhnlich aber (verunreinigt) grau, zum Theil etwas röthlich. Sein specif. Gewicht ist = 1,706; es ist geruchlos, hat ein faseriges Gefüge, reagirt am stärksten alkalisch, ist sehr stark ätzend, zerstört fast alle thierischen Theile und löst sie auf. In schwacher Rothglühhitze schmilzt es und in stärkerer Hitze verflüchtigt es sich unzersetzt in scharfen Dämpfen. In gewöhnlicher Tempera-

tur löst es sich schon in $\frac{1}{2}$ Wasser, wobei es sich erhitzt. Diese Lösung (flüssiges wässeriges Kali, Meisterlauge) ist im concentrirten Zustande eine farblos durchsichtige Flüssigkeit von öhlartiger Consistenz, und 1,33 bis 1,60 specif. Gewicht. Aus der Meisterlauge krystallisirt beim Erkalten das Kali in wasserhellen vierseitigen Säulen mit vier Flächen zugespitzt, oder in vierseitigen Tafeln und Octaëdern. Mit Schnee gemengt schmelzen diese Krystalle schnell unter starker Kälteerzeugung. Die Kalisalze sind farblos und im Wasser löslich, luftbeständig oder zerfließlich. — Das Kaliumhyperoxyd ist eine pommeranzengelbe Masse. — Das salpetersaure Kali, der Salpeter, prismatische Salpeter, findet sich häufig an der Oberfläche der Erde, und wird im Großen in den Salpeterplantagen erzeugt. Der Salpeter krystallisirt in farblos durchsichtigen Krystallen, deren Kerngestalt die gerade rhombische Säule ist, gewöhnlich in unregelmäßig sechsseitigen Säulen, bald mit einer Fläche zugeschärft, bald mit 4 bis 6 Flächen zugespitzt. Er hat ein specif. Gewicht = 1,93, ist luftbeständig, hat einen stechend salzigen, bitterlich kühlen Geschmack, schmilzt in schwacher Rothglühhitze und nimmt beim Erstarren ein strahliges Gefüge an. Wenn er im geschmolzenen Zustande in kleinen Tropfen auf ein kaltes Blech gebracht wird, so entsteht der getäfelte Salpeter, Mineralkrystall. Wird der Salpeter mit Kohle und anderen verbrennlichen Substanzen erhitzt, so verpufft er oft durch einen bloßen Schlag unter heftiger Explosion. Hierauf beruht die Anwendung desselben zur Bereitung des Schießpulvers. Er ist leicht in heißem, etwas schwer in kaltem Wasser löslich, so daß 100 Th. Wasser bei 0° R. 13,3, bei 15° 30, bei 36° 74,6 und in der Siedehitze 236 Th. Salpeter aufnehmen. Die Anwendung des Salpeters ist sehr vielfach. Außer in der Medicin, bedient man sich desselben in der Haushaltung und Technik. Man braucht ihn zum Einsalzen des Fleisches, zum Beitzen in der Färberei u. s. w., vorzüglich aber zur Bereitung des Schießpulvers, welches ungefähr aus 6 Th. Salpeter, 1 Th. Kohle und 1 Th. Schwefel besteht. Beaumés schneller Fluß besteht aus einem Gemenge von 3 Th. Salpeter, 1 Th. Schwefel und 1 Th. feiner getrockneter Sägespäne. Legt man von diesem Fluß in eine Nußschale und entzündet ihn, so verbrennt er rasch mit heller Flamme, und schmelzt eine kleine darauf gelegte Silbermünze, ohne die Nußschale zu entzünden. Ein Gemenge von 3 Th. Salpeter, 2 Th. einfach kohlensauren Kali und 1 Th. Schwefel, (oder von 2 Th. Salpeter, 2 Th. neutralen kohlensauren Kali, 1 Th. Schwefel und 6 Th. Kochsalz) giebt das Knallpulver. Wenn man dieß in einem eisernen Löffel langsam bis zum Schmelzen erhitzt, so entsteht ein kleines Flämmchen, und zugleich eine heftige Explosion. —

Das Chlorkalium (trockene salzsaure Kali, hydrochlorinsaures Kali, Digestivsalz) krystallisirt in farblos durchsichtigen Würfeln oder (scheinbar) quadratischen Säulen, selten in regelmäßigen Oktaëdern, beim schnellen Verdampfen in hohlen vierseitigen Pyramiden. Es hat ein specif. Gewicht = 1,836, ist luftbeständig, schmeckt ähnlich dem Kochsalz aber schärfer, und ist unter den Zähnen

etwas zähe. Beim Erhitzen verknistert es, schmilzt leicht in der Rothglühhitze, und verflüchtigt sich in starker Glühhitze ohne Zerlegung. Es ist leicht löslich im Wasser, wobei es sich in salzsaures Kali umwandelt. Nach Gay-Lussac nehmen bei 0° R. 100 Th. Wasser, 29,2 Th. Chlorkalium auf, und für jeden höheren Temperaturgrad 0,342 mehr, also bei 80° 56,56 Th. Man bedient sich desselben im Großen bei der Alaunbereitung. — Das chlorichtsaure Kali (Chlorkali, Javellisches Wasser, kalihaltige Bleichflüssigkeit) ist eine farblose Flüssigkeit mit schwachem Chlorgeruch, herbalkalischem Geschmack, welche organische Farben bleicht, und daher zum Bleichen angewendet wird. Auch zur Zerstörung übler Gerüche und Ansteckungsstoffe, so wie zum Entfuseln des Branntweins wird es gebraucht. — Das chlorsaure Kali (oxychlorinsaures Kali, oxyhalogenirtes Kali, überoxydirt salzsaures Kali), krystallisirt in weißen perlemutterglänzenden schiefen rhombischen und sechsseitigen Säulchen oder in rhombischen Tafeln und Blättchen von 1,989 specif. Gew. Wenn man es im Dunkeln reibt, so leuchtet es stark. Es hat dem Salpeter ähnlich einen kühlend salzigen Geschmack, ist luftbeständig und schmilzt vor dem Glühen. Mit verbrennlichen Körpern verpufft es sehr leicht, oft durch bloßes Reiben oder Schlagen, bei Berührung mit Vitriolöl oder geringer Erhitzung, zum Theil mit heftiger Explosion. Wird feuchtes chlorsaures Kali in rauchendes Vitriolöl geworfen, so verprasselt es heftig unter Blitzen. Es ist etwas schwer in kaltem aber sehr leicht in heißem Wasser löslich: 100 Th. Wasser nehmen bei 0° 3,33, bei 12° R. 6, bei 40° 19 und in der Siedehitze 60 Th. auf. Auf der Entzündlichkeit desselben beruht seine Anwendung zur Herstellung der Zündhölzchen bei den sogenannten chemischen Feuerzeugen. Ein Gemenge von 4 Th. chlorsauren Kali und 1 Th. Goldschwefel oder Zinnober, oder von 4 Th. chlorsauren Kali, 1 Th. Kohle und 1 Th. Schwefel wird mit etwa $\frac{1}{24}$ des Ganzen Tragantpulver und Wasser zu einem Brei angerieben (oder statt dessen ein Gemenge von 6 Th. chlorsaur. Kali, 1 Th. Zucker und etwas Zinnober mit Wasser), und damit das Ende gewöhnlicher Schwefelhölzchen bedeckt. In einem wohlverschließbaren Fläschchen hat man feingefaserten Asbest mit rauchendem Vitriolöl benetzt, und wenn man nun ein nach der Angabe bereitetes Zündhölzchen mit dem Vitriolöl in Berührung bringt, so entzündet es sich. Die schwarze Mischung (mit Kohle) dient auch zur Bereitung des Zündpulvers auf die Pfanne der Gewehre, welches sich durch den Schlag entzündet. Es wird entweder gekörnt oder linsengroße Kügelchen werden nach dem Abtrocknen mit Wachs überzogen. Bei der Anfertigung dieser Gemenge darf durchaus keine trockne Zusammenreibung stattfinden, indem hierbei heftige und gefährliche Explosionen stattfinden würden. — Das oxydirt chlorsaure Kali (über- hyper- oder oxychlorsaure Kali) krystallisirt in kleinen weißen glänzenden Blättchen, ist von schwach salzigem Geschmacke und luftbeständig. Mit verbrennlichen Körpern erhitzt verpufft es nur schwach, und ist im Wasser schwer, im Weingeist gar nicht löslich.

schärft sind, ist luftbeständig, von milde salzigem, fast gar nicht alkalischem Geschmacke und verändert die Pflanzenfarben nicht. Es löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 4 Th. Wasser, während es in der Kochhitze nur sein eignes Gewicht Wasser erfodert. Dabei wird es unter Aufbrausen in anderthalb kohlensaures Kali umgewandelt, welches beim Erkalten in Krystallen anschießt. Das doppelt kohlensaure Kali löst sich auch in 1200 Th. kochenden Alkohols. Es wird medicinisch angewendet. — Kohlenstoff, Stickstoff und Kalium sind verbunden im Cyankalium (Blutlaugensalz zum Theil). Es krystallisirt in farblos durchsichtigen Würfeln und deren Abänderungen, ist geruchlos, von scharf alkalischem, dann widerlich bitterm Geschmack (nach Blausäure) und wirkt giftig. Es schmilzt in gelinder Rothglühhitze ohne Zerlegung und fließt wie Wasser, zerlegt sich aber in starker Glühhitze. Aus der Luft zieht es allmälig Feuchtigkeit an, wird trüb und zerfließt. In Wasser ist es leicht löslich, wobei es sich in blausaures Kali umwandelt Im Alkohol ist es nach Maßgabe seines Wassergehaltes löslich. Man benutzt es zur Herstellung der Blausäure und im unreinen Zustande als Blutlauge zur Bereitung des Berlinerblau.

Mit Kieselerde geht das Kali leicht auf trocknem und nassem Wege zusammen. Bei vorherrschender Kieselerde erhält man durch Zusammenschmelzung eine farblos durchsichtige, nach dem Erkalten harte, spröde, in Wasser, wässrigen Säuren und verdünnten wässrigen Säuren unauflösliche Masse, Glas. Ein Theil Kieselerde mit 3 Th. kohlensaurem Kali geben eine leicht schmelzbare, durchsichtige Masse, die nach dem Erkalten glasartig ist, aber aus der Luft Feuchtigkeit anzieht und im Wasser löslich ist. Ein anderes im Wasser lösliches Kieselerde-Kali, Wasserglas, erhält man aus 10 Th. einfach kohlensaurem Kali; 15 Th. Quarz und 1 Th. Kohle, und bedient sich desselben um Holz und andere Gegenstände damit zu überziehen, wodurch sie vor dem Verbrennen gesichert werden und als Kitt bei pharmaceutischen Arbeiten, wenn in Feuer gearbeitet wird. — Kalium, Alumium und Schwefel (oder Stickstoff) sind verbunden im schwefelsauren Alaunerde-Kali (oder Ammoniak) oder Alaun. Derselbe krystallisirt in wasserhellen regelmäßigen Oktaëden, oft mit abgestumpften Ecken und Kanten, zuweilen in Würfeln. Der Römische Alaun (welcher aus dem Alaunstein gewonnen wird) hat ein blaßrothes Ansehen und kommt in kleinen Krystallen vor, welche mit einer Eisenoxydhaltenden Erde gemengt sind. Der Alaun hat ein spec. Gewicht = 1,7, einen herben, süß säuerlichen Geschmack und röthet Lakmus. Er beschlägt langsam an der Luft, fließt in gelinder Hitze in seinem Krystallwasser, welches er nach und nach fahren läßt, wobei er zu einer weißen, lockern, schwammigen Substanz, gebrannter Alaun, aufschwillt, der frisch geglüht geschmacklos und unlöslich in Wasser ist, aber durch längeres Liegen an der Luft Geschmack und Löslichkeit erhält. Der Alaun löst sich in 18 Th. kalten und weniger als sein Gewicht heißen Wassers. Nach Brandes bedarf 1 Th. Alaun bei 10° R. 13,286 Th. Wasser, bei 17° 8,2, bei 30° 2,20, bei 40° 2,01, bei 60° 1,09, bei 70° 0,06. In höherer Hitze schmilzt er in seinem Krystallisationswasser. Man gebraucht

den Alaun in der Medicin und Chirurgie, auch namentlich in der Färberei zu Beitzen und Lackfarben, bei der Lederbereitung und zu vielen anderen technischen und ökonomischen Zwecken.

Presse, Bramahsche. Das Princip, auf welchem dieses wichtige Instrument beruht, geht am deutlichsten aus der Betrachtung des anatomischen Hebers (s. Bd. III. S. 30 und dazu Fig. 32.) hervor. Ist FD verschlossen und wird in H Wasser eingefüllt bis zur Höhe an H, so erleidet die Fläche FD einen Druck gleich dem Gewichte einer Wassersäule von der Höhe FH oder FK und dem Durchmesser FD. Je länger HI wird, desto größer wird folglich der Druck gegen FD. Statt HI zu verlängern, kann man gegen das Wasser in ihr aber einen Druck ausüben, welcher dann eben so viel gegen FD leisten wird, wie eine mit ihm gleich mächtig drückende Wassersäule, die durch die Verlängerung von HI hergestellt werden könnte. Befindet sich nun in HI oberwärts ein Kolben (Embolus), der mit Hülfe eines Hebels niedergedrückt werden kann, dessen längerer Arm n mal so lang als der kürzere ist, so wird ein an den längeren Hebelarm angebrachtes Gewicht p, n mal so stark auf den Embolus drücken, als wenn es direct auf ihn wirkte. Nehmen wir den Halbmesser von $HI = 1$, den Halbmesser von $FD = m$ an, so verhalten sich die Drucke, welche ausgeübt werden in den beiden Cylindern (wie leicht nachzuweisen, da sie von gleicher Höhe) wie die Quadrate der Halbmesser $= 1 : m^2$, d. h. jedes Pfund in HI drückt mit Gewicht von m^2 Pfund gegen FD. Bei einem Drucke $= np$ in HI ist mithin der Druck gegen $FD = np \cdot m^2$. Nach diesem Prinzip construirte **Bramah** die von ihm erfundene Presse, welche wesentliche Abänderungen seitdem nicht erfahren und die **Barlow** wie folgt beschrieben hat.

Der Haupttheil der Maschine ist ein weiter hohler Cylinder (Fig. 79.) A B C D, meistens und bei allen vorzüglich großen Pressen von Gußeisen, sonst auch von Messing oder Glockenspeise, welcher genau cylindrisch ausgebohrt und ausgeschliffen sein muß. In diesem bewegt sich der Embolus EF, welcher bei den kleinern Maschinen massiv ist, bei den größern aber aus einem hohlen, oben und unten mit einer eingeschraubten Platte versehnen Cylinder besteht, in beiden Fällen aber gleichfalls genau abgedreht und abgeschliffen sein muß, um sich wasserdicht in dem weiten Cylinder zu bewegen. Auf dem Embolus befindet sich die verticale massive Stange G, die nicht eben gedrängt sich in einer Oeffnung der Deckelplatte CD bewegt. In den untern Theilen des Embolus ist die massive Stange GH eingeschraubt, welche durch eine wasserdichte Liederung in der Bodenplatte AB auf- und abwärts gezogen wird, und zum Heben großer Lasten bestimmt ist. Zum untern Theile des großen Cylinders führt der Canal bd, welcher durch ein Kegelventil bei a dem Wasser den Rückgang verschließt, und in den kleinen Cylinder mn mündet. Letzterer ist unten durch das Kegelventil g verschlossen, oben aber durch das eingeschrobene Stück rs, welches mit einer Liederung versehen ist, durch welche der massive Stab h wasserdicht schließend auf- und abwärts bewegt wird.

Zieht man diesen vermittelst eines Hebels in die Höhe, so entsteht im kleinen Stiefel ein leerer Raum, das Wasser dringt durch das mit feinen Löchern zur Abhaltung etwaigen Schmuzes versehene Gefäß p ein, hebt das Ventil g, und füllt den innern Raum des kleinen Cylinders; drückt man ihn dagegen nieder, so schließt sich das Ventil g theils durch sein eignes Gewicht, theils durch den Druck des gepreßten Wassers, welches das Ventil a hebt, und durch den Canal bd in den großen Stiefel dringt. Die Schraube c dient dazu, vermittelst des kleinen Stiftes das Ventil a so stark zu schließen, daß es durch den Druck des Wassers nicht gehoben werden kann, und ist nur in denjenigen Fällen nöthig, wenn mit dem kleinen Cylinder mn zwei Canäle, die zu zwei großen Stiefeln führen, verbunden sind, mit denen man abwechselnd preßt, so daß die eine Presse stillsteht, wenn die andre gehoben wird. Ist die Pressung oder Hebung vermittelst der Stange HG' vollendet, so wird die Schraube e gelüftet, deren untere konische Spitze den Canal f verschließt, nach dessen Oeffnung das Wasser aus dem weiten Cylinder abfließt, worauf der Embolus EF durch sein eignes Gewicht herabsinkt.

Die hier beschriebene Construction der hydraulischen Presse ist die ältere, Hachette aber bemerkt, daß es bei den für starke Pressungen bestimmten kaum möglich sei, das Hervordringen des Wassers neben dem Embolus zu verhüten, und er beschreibt daher folgende Einrichtung derselben. Statt des Embolus wählt man einen massiven Cylinder EF, welcher nur wenig dünner ist, als die innere Weite des großen Cylinders der Presse JJ (Fig. 80.). Letzterer wird bei ee so ausgedreht, daß ein etwas erhabener Ring des Metalls stehn bleibt. Ueber diesen wird eine Lederscheibe gelegt, mit einer runden Oeffnung in der Mitte, durch welche der Preßcylinder gedrängt geht; der (in der Zeichnung punctirte) Raum über derselben wird mit Werg oder Hanf, die stark mit Unschlitt getränkt sind, ausgefüllt, und wenn dann die Schraube KK die weiche Masse stark zusammenpreßt, so drückt das Wasser diese und die Lederscheibe mit solcher Gewalt gegen den Preßcylinder EF, daß kein Tropfen entweicht, ohne eine starke Reibung des glatten Metalls an der fettigen Masse zu erzeugen. Es versteht sich zugleich von selbst, daß es vortheilhafter ist, den untern Theil des Deckelstücks kk nicht mit einer Schraube zu versehn, weil das Festschrauben desselben großen Schwierigkeiten unterliegt, sondern statt dessen einen genau passenden Cylinder zu wählen, und diesen vermittelst einiger Schrauben, welche durch den Ring kk in den gleichfalls mit einem starken Ringe versehenen großen Cylinder ff herabzudrücken. Der Ring kk endlich wird in der Mitte ausgedreht, die dadurch entstandene Vertiefung $\alpha\alpha$ mit Oel gefüllt, um den Embolus stets fettig zu erhalten, und eine Deckelplatte $\beta\beta$, welche den Cylinder EF genau umschließt, schützt gegen das Hineinfallen heterogener, die Maschine verderbender Theile.

Mehrfache Abänderungen sagt Muncke, dieser allgemeinen Construction bieten sich von selbst dar, wohin auch die bereits angezeigte gehört, daß mit der Compressionspumpe mn zwei Pressen verbunden

werden. Auf gleiche Weise kann man mit dem Hebel, welcher den Cylinder h bewegt, zwei solche einander gleiche verbinden, deren einer aufsteigt, wenn der andere niedersinkt, so daß man nur die Hälfte der Zeit gebraucht, ohne die Kraftanstrengung des Arbeiters übermäßig zu erhöhn, die zwar doppelt so groß, dafür aber auch während der ganzen Zeit gleichmäßiger vertheilt ist. Endlich wird zuweilen ein Canal lothrecht auf den durch bd bezeichneten herabgeführt, und oben durch ein hinglänglich beschwertes Sicherheits-Ventil verschlossen, welches sich öffnet, wenn der Druck so stark wird, daß er die Wandungen des großen Cylinders zersprengen könnte; in der Regel aber müssen diese hinlänglich stark sein, und da ohnehin das Zerspringen keine Gefahr bringt, die Ventile dieser Art aber nur mit Mühe genau schließend darzustellen sind, so kann man sie füglich weglassen.

Die äußere Gestalt dieser Pressen ist folgende: MM′ (Fig. 81.) ist eine starke eiserne oder steinerne Platte, welche die ganze Maschine trägt und nur bei den kleinen Pressen aus einem dicken Stücke Holz gemacht wird. Auf dieser ruht der Cylinder ABCD, und wenn die Vorrichtung auch zum Ziehen dienen soll, so geht die Zugstange durch diese Platte hindurch. HH′, KK′, sind zwei sehr massive und starke, meistens vierkantige, in die Bodenplatte unzerstörbar befestigte eiserne Säulen, zwischen denen die Platte FF′ zum Festhalten des großen Cylinders dient. Am obern Ende dieser Säulen ist mit gleicher Stärke die massive eiserne Platte NN′ befestigt, die den ganzen Druck der Maschine auszuhalten hat, und daher durch zwei hinlänglich starke Keile niedergehalten wird. Auf der Mitte der durch den Embolus gehobenen Stange ruht die gleichfalls massive eiserne Platte LL′, welche an der obern Seite ganz eben, an der untern dagegen nach der Mitte hin dicker und noch obendrein mit einem Kreuze versehen ist, dessen Arme nach den Seiten hin dünner werden, in der Mitte aber etwas vertieft sind, um die dicke runde oder vierkantige Platte aufzunehmen, in welcher die hebende Säule steckt. Der kleine Cylinder n ruht gleichsfalls der Festigkeit wegen auf der massiven Bodenplatte, durch welche sein unterer Theil hindurch in ein Wassergefäß geführt ist, aus welchem die Speisung der Maschine geschieht, und in welches das bereits zur Compression gebrauchte Wasser wieder abfließt. Die Vorrichtung, mittelst deren der Embolus oder die seine Stelle vertretende Stange auf- und abwärts gedrückt wird, deren Bewegung allezeit genau vertical sein muß, eben so wie die sonstigen bereits beschriebenen Theile der Maschine sind an sich klar.

Die außerordentliche Wirksamkeit dieser Pressen geht aus folgender Angabe Barlows hervor: Ist der Durchmesser des großen Cylinders = 12 Z. und der des kleinen oder des Injectors, etwa 0,25 Z., so ist das Verhältniß der Flächen beider Wassercylinder = 2304 : 1. Wird dann der Embolus mit einer Kraft von 20 C. wt. niedergedrückt*), so hebt sich der Embolus im großen Cylinder

*) Muncke macht hierbei folgende Anmerkung: Das engl. C. wt. beträgt 112 Pfd. av. du poid Gewicht, und das Pfd. av. du poid nach genau-

mit einer Kraft von 20×2304=46080 c w t. oder 2304 Tonnen. Um die letzteren Größen auf bekanntere Bestimmungen zu reduciren, wollen wir annehmen, daß auf das Ende des längern Hebelarms der Compressionspumpe mit einer Kraft von 50 Pfd. gewirkt werde, was gegen das Ende der Arbeit auf kurze Zeit füglich geschehen kann, und allerdings als Maximum, daß das Verhältniß der Hebelarme = 1 : 50 sei, in welchem Falle die in den engern Cylinder herabzupressende Stange nur 1 Zoll herabgehe, das Ende des Hebelarms aber 4 Fuß 2 Zoll durchlaufen müßte, so erhalten wir den Brutto-Nutzeffect = 5'760000 Pfd., und wenn dieser zur Auffindung des wirklichen Nutzeffects in dem Verhältnisse von 32 : 43 zur Berechnung der Hindernisse genommen würde, so bliebe dennoch die unerwartete Größe von fast 4'280000 Pfd. Diese Pressen haben wegen ihrer Einfachheit und leichten Anwendbarkeit in der Technik die ausgedehnteste Anwendung gefunden, und erhalten hier je nach der besondern Bestimmung, die sie erhalten, in der äußerlichen Gestalt verschiedene, übrigens unwesentliche Anordnungen.

Presse, Realsche oder hydrostatische findet eine vielfache Anwendung in der Chemie. Sie besteht der Hauptsache nach aus einem hohlen Cylinder, in welchem die auszuziehende Substanz im gepulverten Zustande zwischen zwei siebförmig durchlöcherten Platten fest gepackt enthalten ist, so daß sie nach keiner Seite hin weichen kann. Wenn der Cylinder an beiden Seiten offen ist, so wird an einem Ende ein Deckel luftdicht aufgepaßt, welcher in der Mitte ein Loch hat, worin eine hohe Röhre ebenfalls luftdicht gesteckt wird. Zwischen dem Deckel und der obern siebförmigen Platte muß etwas Raum bleiben. Beim Extrahiren wird der Cylinder aufrecht gestellt, so daß ein Gefäß zum Aufsammeln der Flüssigkeit untergestellt werden kann. Man

---

ester Valvirung 453,594 Gramme. Hiernach betragen 20 C. wt. nahe genau 1016 Kilogramme, und wenn man also annimmt, daß ein Mensch gegen das Ende der Operation, wo die Compression am stärksten sein muß, den Hebelarm der kleinen Pumpe mit einer Kraft von 20 Kilogrammen niederdrückt, so müßte das Verhältniß der Längen beider Hebelarme 1 : 50 sein, mithin müßte das Ende des bewegten längeren Armes 4 Fuß 2 Zoll durchlaufen, wenn der Cylinder der kleinen Presse 1 Zoll herabgehn, der Cylinder der großen aber $\frac{1}{2304}$ Zoll steigen sollte. Angenommen, daß jedes Niederdrücken und Heben des kleinen Cylinders 4 Secunden Zeit erforderte, so würde die Presse in 1 Stunde und 8 Minuten nur 1 Zoll hoch steigen, und wenn man nach Nicholsson's oben erwähnter Angabe $\frac{1}{4}$ für Hindernisse der Bewegung abrechnet, so müßte ein Mensch 1 Stunde 25 Minuten arbeiten, um das pressende Bret 1 Zoll hoch zu heben, würde dabei aber mit einer Anstrengung von etwa 40 Pfund eine Kraftäußerung von 4,6 Millionen Pfd. erzeugen. Inzwischen dürfte diese Leistung der Maschine doch wohl als ein kaum erreichbares Maximum zu betrachten sein, die im Texte hypothetisch angenommenen Größen stimmen mit Barlow's Angaben sehr nahe überein.

gießt durch die Röhre, welche nach Belieben enge sein kann (nur kein Haarröhrchen), Flüssigkeit auf die Substanz, und hält die Röhre selbst beständig damit angefüllt Das Lösungsmittel durchdringt die Substanz und kommt mit den ausziehbaren Theilen beladen unten hervor. Aus den im vorigen Artickel angeführten hydrostatischen Gesetzen erhellt, daß jede Flüssigkeitssäule auf ihre Basis im Verhältniß ihrer Höhe drücke, sie mag sich übrigens von ihrer Basis aus verengern oder erweitern.

Zum pharmaceutischen Gebrauch hat man mehre Veränderungen mit der Realschen Presse vorgenommen, deren Beschreibung in pharmaceutischen und chemischen Journalen zerstreut liegen. Geigers*) Vereinfachung besteht im Wesentlichen darin, daß anstatt eines an beiden Enden offenen Cylinders von reinem Zinn, welcher mit einem Deckel verschlossen wird, der Cylinder einen mit einem Loch in der Mitte versehenen Boden hat, welches einen 1 Zoll hohen hohlen Zapfen bildet. Auf dem Boden werden entweder kleine Stückchen Holz gelegt, oder der Cylinder ist 1'' über dem Boden mit 3—4 hervorspringenden Zapfen oder einem hervorstehenden Ring versehen, auf welchen die siebförmig durchlöcherte Platte gelegt wird, auf diese legt man einen Wollenlappen, und breitet die auszuziehende Substanz gleichförmig, indem man sie nach Verhältniß fest eindrückt, darüber. Dann wird wieder ein Lappen und die zweite Platte aufgelegt. Zum Festhalten dieser dienen Strebehölzer von verschiedener Länge, welche entweder unter am Ende des Cylinders hervorspringende Zapfen, oder unter Querhölzer gesteckt werden, die durch Löcher gehen, welche an einer an dem untern Theil des Cylinders außerhalb angebrachten Wulst befindlich sind. Oder man läßt sich einen zweiten an beiden Enden offenen Cylinder von Weißblech verfertigen, welcher genau in den ersten paßt, aber leicht ein= und ausgeschoben werden kann. Dieser hat seiner ganzen Länge nach in Abständen von ungefähr $\frac{1}{2}''$ an 2 gegenüberstehenden Seiten immer genau horizontalstehende Einschnitte, welche zur bessern Dauerhaftigkeit des Cylinders abwechselnd an verschiedenen Seiten angebracht sein können. Der äußere Cylinder hat an seinem offenen Ende bewegliche Hacken. Man setzt also den innern, wenn der äußere beschickt ist, auf die durchlöcherte Platte, und drückt die Haken in die passenden Einschnitte, wodurch alles fest gehalten wird. Diese Vorrichtung ist besonders bei kleinen Maschinen sehr bequem und paßt auch für größere. Sonst kann man sich für größere auch einen eisernen Ring verfertigen lassen, welcher in den Cylinder paßt; in diesen Ring werden 2 bis 3 starke eiserne Stangen senkrecht in kleinen Abständen eingeschraubt: in einer Länge, die ungefähr $\frac{7}{8}$ der Höhe des Cylinders beträgt, werden sie nach außen umgebogen, so daß die zurücklaufenden äußern Enden mit den innern genau parallel stehen, die äußern Enden müssen wenigstens so lang als der Cylinder sein. Sie

---

*) Geigers Beschreibung der Realschen Auflösungspresse. Heidelberg 1827.

gehen durch an der Wulst angebrachte Löcher. Ueber der Wulst befindet sich ein metallener Ring, welcher ebenfalls Löcher hat, durch welche die Stangen gehen; diese Löcher enthalten kleine Schrauben, welche zum Feststellen der Stangen dienen. (Man kann zwar in der Wulst selbst diese Schrauben anbringen, dann darf diese aber nicht von Zinn, sondern sie muß von Eisen oder Messing sein. Sie müßte mit dem Cylinder fest verbunden werden, welches so nicht nöthig ist. Der Ring kan beweglich und leicht gearbeitet sein.) Alle Theile dieser Vorrichtung (wenigstens die in den Cylinder gehenden) müssen dick mit Zinn belegt (plattirt) sein. Die Anwendung ist sehr einfach: Man schiebt die Stangen durch die Löcher der Wulst und des äußern Ringes, bis der innere Ring fest auf dem Durchschlag aufliegt, und schraubt sie fest. Eine sehr zweckmäßige Abänderung der Realschen Presse hat Beindorf vorgenommen. Der Cylinder wird in einen Stuhl gepaßt, dessen Deckel beweglich ist, so daß durch Umdrehen desselben die Presse gefüllt und mit dem Rohr verbunden werden kann. Der leere Raum des Cylinders wird mit Ringen von Zinn ausgefüllt und der Apparat mit einem Trichter geschlossen, der mit Hacken in eine vorspringende Wulst paßt.

Aehnliche Maschinen lassen sich von gutem Weißblech, auch Steinzeug oder Holz verfertigen. Die Vorrichtungen zum Festhalten der ausziehbaren Substanz werden dann nach der Beschaffenheit des Cylinders modificirt.

Der gefüllte, mit dem Boden nach oben gerichtete Cylinder wird auf einen Stuhl gestellt, der in der Mitte ein Loch hat, in welches derselbe paßt, und mit seiner Wulst auffliegt. Man setzt ein Gefäß zum Auffangen unter. Der Cylinder muß unten offen sein, man kann einen Trichter unterstellen, um das Spritzen und Verunreinigen des Auszugs zu verhindern, aber luftdicht darf die innere Oeffnung nicht geschlossen werden, sonst ist die Wirkung der Maschine gehemmt. Den obern leeren Raum füllt man mit der auszuziehenden Flüssigkeit an, und paßt in die Oeffnung des Bodens eine Röhre; sie kann von Weißblech, Glas, Holz, oder ein lederner Schlauch u. s. w. sein. Am passendsten zum pharmaceutischen Gebrauch ist eine Röhre von Weißblech; sie braucht nur die Dicke eines kleinen Fingers zu haben, ihre Höhe beträgt 8 bis 12 Fuß; am obern Ende erweitert sie sich ungefähr 1' hoch, trichterförmig so, daß das obere Ende $1\frac{1}{2}''$ im Lichten hat. — Gewöhnlich glaubt man, die Säule müsse weit höher, 30—60 Fuß hoch sein, welche Höhe aber ihre Anwendung sehr beschränkt. — Nach Geigers Erfahrung ist die angeführte Höhe von 8—12' zum pharmaceutischen Gebrauch hinreichend. Man kann damit schnell bis 20 ℔ Pflanzentheile vollständig extrahiren. Die Flüssigkeitssäule soll nur so stark drücken, das sie die auszuziehende Substanz, welche nach ihrer Natur mehr oder weniger fest eingedrückt ist, langsam durchdringt, um mit allen löslichen Theilen derselben in Berührung zu kommen, uud so, indem immer neue Flüssigkeit nachdringt, die erstere nach unten forttreibend, die Faser nach und nach vollkommen ausgewaschen wird. Es wirkt auf diese Art eine

8′ hohe Säule eben so gut als eine 60′ hohe, nur daß letztere die Substanz schneller durchdringt. Bei allzuheftigen Druck einer so hohen Flüssigkeitssäule können auch selbst starke Maschinen mit Gefahr für den Arbeiter zersprengt werden. — Man durchbohrt einen in die Oeffnung des Bodens passenden Korkstöpsel und steckt das untere Ende der Röhre durch. Der Stöpsel wird in heißem Wasser erweicht, und dann fest in die Oeffnung des Bodens gedrückt. Ohne weitere Verkittung wird ein guter Stöpsel vollkommen luftdicht schließen, und keine Flüssigkeit durchlassen. Neben das obere Ende der Röhre stelle man ein Gefäß mit der Ausziehungsflüssigkeit, so daß der Spiegel der Flüssigkeit etwas niederer als das Ende der Röhre steht. Man senke jetzt einen Heber in die Flüssigkeit und in die Röhre, ziehe durch die Röhre mit dem Munde etwas Luft an, indem man mit den Lippen, dem Daumen und Zeigefinger das Eindringen derselben von außen zu hindern strebt; die Flüssigkeit wird sich heben und durch den Heber in die Röhre auslaufen, diese wird selbst damit angefüllt, und so wirkt die Flüssigkeit drückend und lösend auf die Substanz. Sie durchdringt sie und kommt, mit extractiven Theilen beladen, anfangs oft von Syrupsdicke vollkommen klar hervor. Man läßt so lange Flüssigkeit durchdringen, bis die vorgeschriebene Menge durch ist, oder bis man durch den Geschmack, Geruch und Farbe der durchlaufenden Flüssigkeit erkennt, daß alles ausgezogen ist. Man hat hier nur darauf zu sehen, daß der Heber immer unter Flüssigkeit getaucht ist und also von Zeit zu Zeit in das Gefäß nachzufüllen, jedoch so, daß der Spiegel immer etwas *unter* dem Niveau von dem Ende der Röhre ist, weil sonst die Röhre überlaufen würde. Um die Wirkung nach Belieben aufhören zu machen, bringt man einen Hahn an die Röhre, den man schließt, oder man verschließt nach weggenommenem Heber das obere Ende der Röhre. Zum Ablassen der Flüssigkeit kann man an dem Cylinder zur Seite oben, wo der erste Durchschlag liegt, einen kleinen schief abwärts geneigten hohlen Zapfen anbringen lassen, welcher mit einem Hahn versehen ist, oder mit einem Stöpsel verschlossen wird. Man kann so alle Flüssigkeit aus der Röhre und dem Cylinder nach Belieben ablassen, und die Substanz kann mit verschiedenen Flüssigkeiten leicht ausgezogen werden, ohne den Apparat auseinander zu nehmen.

Biegt man den untern Theil der Röhre um, oder bringt man ein gekrümmtes Stück Röhre mit dem Cylinder in luftdichte Verbindung, paßt dieses an die Röhre und stellt ihn umgekehrt, mit dem offenen Ende aufwärts gerichtet, und verfährt übrigens wie eben angezeigt wurde, so hat man dieselbe Wirkung. Die Festhaltung des zweiten Durchschlags kann dann noch leichter bewirkt werden, und mittelst Schrauben u. s. w. könnte man die Substanz während dem Extrahiren, wenn es nöthig sein sollte, stärker pressen. Der Auszug könnte durch an dem Cylinder angebrachte verschließbare Oeffnungen oder mittelst eines Hebers abgelassen werden. Eine genauere Vorstellung von den angeführten Instrumenten geben die Fig. 82. und 83. Fig. 82. ist die beschriebene Realsche Presse mit 2 Cylindern; a der

Cylinder zum Beschicken, b ein hohler Zapfen zum Ablassen der Flüssigkeit, c der hohle Zapfen, welcher die Röhre ff enthält, dd die beiden Durchschläge, e der 2te Cylinder mit Einschnitten, in welche die Haken an dem Cylinder a zum Feststellen gepaßt werden. Man kann so viel und wenig in derselben Maschine ausziehen. g ist ein Heber, dessen kürzerer Schenkel in das Gefäß h, das die Extractionsflüssigkeit enthält, und dessen längerer Schenkel in die Röhre eingesenkt wird. Die Flüssigkeit bringt man durch Anziehen, wie oben angezeigt ist, zum Laufen. — Fig. 83. ist die beschriebene Realsche Presse von Beindorf. a der Cylinder mit dem Hahn b, dem Trichter c, der mit seinem Haken an den vorspringenden untern Rand des Cylinders paßt, um alles festzuhalten, wenn er beschickt ist; ferner der Wulst d, mit welchem er in den beweglichen Deckel f des Stuhls e festgestellt wird; g ist der Theil des Deckels, welcher herausgezogen werden kann, um den Cylinder heraus zu nehmen; h deutet den Drücker an, den man zurückdrückt, um den Deckel umwenden zu können; ii ist die trichterförmig sich erweiternde Druckröhre, welche mit einer Schraube in die Mutter des mit dem Cylinder fest verbundenen Deckels paßt; kkk sind die zinnernen Durchschläge, von welchem die 2 untern so auf einander passen, daß ein Wollenlappen, Fließpapier u. s. w. dazwischen gelegt werden kann; llll sind Ringe von Zinn, um den leeren Raum auszufüllen. Der Haken h, zur Seite rechts, dient zum leichtern Einlegen und Herausnehmen der Durchschläge.

Presse, Romershausensche Luft-. Diese unterscheidet sich von der Realschen Presse dadurch, daß statt einer tropfbaren Flüssigkeitssäule, der einseitige Druck der Atmosphäre angewendet wird, um die Substanz mit der anzuwendenden Flüssigkeit zu extrahiren. Romershausen läßt den Cylinder oben offen, schließt ihn unten, und bringt den untern Raum mit einer Evacuationspumpe (oder Saugpumpe) in Verbindung. Die einfachsten Maschinen der Art bestehen aus 2 Cylindern von Zinn oder Weißblech, welche neben einander auf einem starken Bret aufrecht stehen. Der eine Cylinder dient zum Beschicken und Aufsammeln des Extracts. Die obere Hälfte wird auf ähnliche Art wie bei der Realschen Presse mit der auszuziehenden Substanz zwischen 2 festgestellte Durchschläge gefüllt, und die Ausziehungsflüssigkeit darauf gegossen. Der zweite Cylinder enthält die Pumpe in einem oben verschlossenen Raume, welcher durch eine an der Seite befindliche mit einem Hahn versehene Röhre mit dem ebenfalls verschlossenen untern Raum des ersten Cylinders in Verbindung steht. Man verdünnt die Luft im zweiten Cylinder, die Flüssigkeit wird, wenn die Communication durch den Hahn hergestellt ist, mit Gewalt durch die Substanz dringen, sie extrahiren, und sich in dem untern Raum des ersten Cylinders sammeln, wo sie, nachdem die Communication mit der äußern Luft wieder hergestellt ist, durch eine unten angebrachte, mit einem Hahn versehene Abzugsröhre abgelassen wird. — Anstatt den ersten Cylinder mit der auszuziehenden Substanz und dem Lösungsmittel zu beschicken, versieht auch Romershausen diesen Cylinder mit einem Deckel, welcher eine

Oeffnung hat, worin das Gefäß, welches das Pulver u. s. w. enthält, mittelst einer hohlen Schraube fest aufgeschraubt wird. — Auch läßt derselbe die Pumpe außerhalb der Cylinder zwischen beiden anbringen. Beim Evacuiren wird anfangs die Luft unter dem Beschickungs-Cylinder verdünnt, später wird die Flüssigkeit selbst aufgesaugt und entweder durch ein beim Niederdrücken sich öffnendes Ventil des zweiten Cylinders in denselben getrieben, oder durch das Kolbenventil beim Aufziehen gehoben und in den zweiten Cylinder durch eine am obern Theile der Pumpe angebrachte, in denselben sich öffnende Röhre abgelassen. Die zweckmäßigen Abänderungen uud Vervollkommnungen, welche Beindorf mit der Romershausenschen Presse vornahm s. Fig. 84. a ist das hölzerne Gestelle, welches den cylindrischen Behälter b von Zinn enthält, der unten den messingenen Hahn c zum Ablassen der Flüssigkeit hat und zur Seite oben eine kleine mit einem messingenen Zäpfchen d verschließbare Oeffnung. Die zinnernen Beschickungs-Cylinder cc von verschiedener Größe passen mit ihren Schrauben in die am obern Theil des Behälters befindliche Schraubenmutter, ebenso die Evacuations-Pumpe f, welche noch mit einem Cylinder von Zinn oder Holz umgeben ist. ggg sind zinnerne Durchschläge, wie bei der Realschen Presse. Durch diese Vorrichtung sind die Auszüge von der Pumpe getrennt und können so nicht verunreinigt werden. Alle Theile der Maschine schließen luftdicht und sind leicht zu reinigen. Beim Ablassen der Flüssigkeit muß erst die kleine Oeffnung d und dann der Hahn geöffnet werden. Diese Maschinen können auch als Filtrirmaschinen dienen. — Anstatt die Luft durch Auspumpen zu verdünnen, kann man auch den untern Raum der Maschine mit Dämpfen erfüllen, welche man erzeugt, indem z. B. etwas Weingeist oder Wasser hineingebracht und dieses mittelst einer Weingeistflamme erhitzt wird; die Dämpfe treiben durch eine angebrachte Seitenöffnung oder nach oben die Luft aus, und wenn jetzt in den damit verbundenen und beschickten obern Cylinder die Extractionsflüssigkeit kommt, so dringt diese beim Abkühlen des untern Gefäßes, wodurch Verdichtung der Dämpfe und ein luftleerer Raum entsteht, durch die Substanz und extrahirt sie.

Pyrometer (v. d. griech. πῦρ Feuer und μέτρον Maß) sind Vorrichtungen, um Hitzegrade, welche mittelst der gewöhnlichen Thermometer nicht mehr gemessen werden können, auf eine vergleichbare Weise zu bestimmen. Derartige Werkzeuge beruhen großentheils auf demselben Prinzipe, auf welchem die Thermometer beruhen, nämlich auf der Ausdehnung der Körper durch die Wärme. Beim Thermometer wird die Wärme bekanntlich nach der Ausdehnung des Quecksilbers gemessen; die Thermometer werden sich mithin nur bis zu dem Hitzpunkte anwenden lassen, wo das Quecksilber noch tropfbarflüssig bleibt, vom Siedepunkte des Quecksilbers an, wo dieses sich in Dampf umwandelt, müssen sie aber nothwendig unbrauchbar werden. Es lag nahe, für hohe Temperaturen andere Metalle in Anwendung zu bringen und in der That hat man derartige Pyrometer (s. d. Art. Ausdehnung S. 90 ff.) hergestellt. Durch den Umstand, daß die Metalle

in hohen Hitzegraden sich nicht regelmäßig ausdehnen (nicht um gleich viel bei jedem höhern Grade), sind jedoch diese Pyrometer sämmtlich als ungenügend aufgezeigt. Auf der entgegengesetzten Erscheinung: der Zusammenziehung durch die Wärme beruht das

Pyrometer von Wedgwood. Verschiedene Thonarten haben nämlich in mehr oder weniger hohem Grade eine merkwürdige Eigenthümlichkeit. Wenn man den Thon, nachdem er pulverisirt, durchgeknetet und bei einer Temperatur von 100° C. getrocknet worden, hohen Temperaturen aussetzt, so bemerkt man, daß er sich in sich selbst zurückzieht, und, wie die Temperatur sich erhebt, sein Volumen vermindert. Diese Zusammenziehung ist nicht eine vorübergehende Erscheinung, sondern der Thon, welcher sie erlitten, ist nicht im Stande in seinen früheren Zustand und zu seinen früheren Ausdehnungen zurückzugehen, und je höher die Temperatur ist, desto bedeutender ist die Zusammenziehung. Gesetzt, man habe eine große Anzahl kleiner Cylinder, welche sämmtlich aus derselben Thonart bestehen, alle auf dieselbe Weise hergestellt und alle genau von derselben Größe und Form sind, so ist klar, daß, wenn man jeden von ihnen einer anderen hohen Temperatur aussetzt, sie sich auf verschiedene Weise zusammenziehen werden und daß man diese Cylinder nur zu messen wird nöthig haben, um zu erkennen, welcher von ihnen der höchsten und welcher der niedrigsten Temperatur ausgesetzt war. Auf diesem Principe beruht Wedgwood's Pyrometer. Um die Thoncylinder, welche der Hitze ausgesetzt gewesen, bequem messen zu können, bringt man sie in eine Fuge, welche von zwei kupfernen oder messingenen Linealen gebildet wird und die gegen einander eine geringe Neigung haben (Fig. 85). Die beiden Lineale und die Platte, auf welcher sie befestigt sind, heißen das Visir; man gibt ihnen eine Länge von 609 Millimetern und pflegt sie in zwei Theile zu zerschneiden, von denen der eine auf den andern zurückgeschlagen wird, um den Apparat tragbarer zu machen. Auf die ganze Länge werden 240 Eintheilungen gemacht, welche Grade des Wedgwoodschen Pyrometers heißen. Jeder der kleinen Cylinder, welche bei 100° C. getrocknet worden, hat eine Größe, welche der größten Entfernung der beiden Lineale, welche die Rinne bilden, entspricht*). Die Figur 86. und 87. zeigen den Durchschnitt und den Grundriß eines kleinen Gefäßes von Thon, in welchem man gewöhnlich die kleinen Cylinder erhitzt. Um das Instrument zu graduiren und seine Angaben mit denen des hunderttheiligen Thermometers zu vergleichen, wäre nöthig, im Voraus die Temperatur zu kennen, welche nöthig ist, die kleinen Cylinder so weit zu verkleinern, daß sie gewissen Eintheilungen entsprechen. Bis jetzt kennt man jedoch noch kein Mittel zu diesem Resultate zu gelangen. Nur nach sehr willkühr-

*) Da nach der Verfertigung nicht alle Cylinder genau auf den Nullpunkt in der Scala paßten, so wurden diese zwar nicht verworfen, aber mit derjenigen Zahl der Grade bezeichnet, um welche sie zu groß oder zu klein waren. Auf dem ächten Wedg. Cylinder muß sich diese Zahl finden. Sie wird bei Beobachtungen in Rechnung gebracht.

lichen Hypothesen hat man ein Verhältniß in dieser Beziehung angenommen, und wenn man sagt, daß 1° des Pyrometers von Wedgwood 72° C. gelte, so ist dieses mehr eine Uebereinkunft, als eine Thatsache. Das Pyrometer von Wedgwood hat sein Ansehen, zu dem es nur darum kam, weil man eben keine bessere Vorrichtung der Art hatte, sehr verloren, nachdem Saussure nachgewiesen hat, daß die Thoncylinder keinesweges mit der Gleichartigkeit, wie Wedgwood angenommen hatte, sich zusammenzögen, sondern in gleichen Hitzegraden ungleiche Zusammenziehungen erführen. Eben so hat man auch die Hoffnung aufgegeben, etwa einen andern Stoff zu finden, der an die Stelle der Thoncylinder gesetzt werden könne, und sich bei größerer Regelmäßigkeit ähnlich wie diese verhielte. Die Unvollkommenheit des angeführten Pyrometers ging am bestimmtesten aus den Prüfungen hervor, die Guyton de Morveau mit ihm vornahm, bei denen er sich eines von ihm selbst erfundenen Instrumentes bediente. Dasselbe besteht aus einer Platte von hart gebranntem Thone A Fig. 88. mit einer eingelegten Platinstange d, 45^{mm} (1 Z. 7,948 Lin.) lang, 5^{mm} (2,216 Lin.) breit und 2^{mm} (0,887 Lin.) dick, welche mit dem einen abgerundeten Ende gegen den Rand des Falzes oder der Vertiefung gestemmt ist, in welcher sie liegt, mit dem andern gegen den kürzern Hebelarm der Platinnadel ab drückt, die in b ihren Drehpunkt hat. Der kürzere Arm dieser Nadel ist $2{,}5^{mm}$ (1,108 Lin.), der längere 50^{mm} (1 Z. 10,165 Lin.) lang, also findet hierbei das Verhältniß von 1 zu 20 statt oder die Ausdehnung der Platinstange wird durch die ungleiche Länge der Hebelarme zwanzigfach vermehrt. Auf der Platte F befindet sich eine Scala und die Spitze der Nadel a ist mit einem Nonius versehn, durch welchen Zehntel der Grade abgelesen werden. Wenn man also diese Theile der Grade mit der absoluten Ausdehnung der Stange d vergleicht, so erhält man hierdurch den 200sten Theil derselben und da nach der Bogentheilung in 400 Grade für einen Radius von 50^{mm} ein Grad 0,78538 Millim. beträgt, wovon 0,078538 Millim. vermittelst des Nonius abgelesen werden, so beträgt ein solcher Theil gegen die vermittelst des Hebels zwanzigfach vermehrte Länge der Stange d von 45^{mm} Länge $\frac{900}{0{,}078538} = 11459$ oder den 11459 sten Theil des Ganzen. Damit aber die Nadel beim Herausnehmen des Instruments aus dem Ofen nicht zurückgeht, sondern auf dem äußersten erreichten Punkte stehen bleibt, wird ihre Spitze durch die Feder s festgehalten.

Unter den vielen Vorschlägen, die sonst noch zu Pyrometern gemacht worden, hebe ich nur noch diejenigen heraus, welche sich durch Genauigkeit empfehlen. Als besonders empfehlenswerth wird das Pyrometer von Petersen geschildert. Dasselbe besteht aus einem hohlen, ungefähr 4 Fuß langen Parallelepipedon von Schmiedeeisen AB Fig. 89., wovon die äußern Seiten des Querschnitts etwa 1 und 0,5 Zoll betragen. Ueber dem Boden dieser Hülle befindet sich eine, mit zwei starken Schrauben α, α befestigte Platte, die zugleich durch die letztern regulirt werden kann. In ihrer Mitte ist ein nur wenig Zoll langer Cylinder von Platin festgelöthet, dessen anderes Ende vermittelst

vier Schrauben unverrückbar mit einer eisernen Stange verbunden ist, die von d bis zur Vorrichtung e des Zeigers reicht. Daselbst wird das Ende der beiden Streben β, β' durch eine unter dem Rande liegende starke Feder op stets angedrückt und in unverrückter Lage erhalten. Am Ende der Eisenstange ist eine feine Stahlfeder angebracht und um denjenigen Stift geschlungen, an welchem der Zeiger festsitzt. An demselben Stifte ist ein zweiter Metalldraht befestigt, welcher durch eine an der Seite angebrachte Feder n stets gestrafft wird und daher den Zeiger zurückzieht, so daß dieser, nach entgegengesetzten Seiten hin mit großer Kraft gezogen und mit seinem Nonius auf der Scale durch dichtes Aufliegen sich reibend, selbst bei starken Erschütterungen nicht schlottert. Wird das untere Ende der zu messenden Hitze ausgesetzt, die allezeit auf die ganze Länge der eben aus dieser Ursache so kurzen Platinstange wirken kann, so dehnt sich sowohl diese, als auch das Eisen der Hülle aus, die gleichzeitigen unbestimmbaren, nach der Länge des der Hitze ausgesetzten Theils verschiedenen Ausdehnungen der innern Eisenstange und der äußern Hülle sind als einander gleich ohne Einfluß und es wird letztere deßwegen an ihrem obern Theile bis ungefähr zur Mitte ihrer ganzen Länge mit Eggen (Randstreifen) von Tuch, als einem schlechten Wärmeleiter, umgeben, damit sie nicht merklich schneller als der innere Cylinder erkalte. Weil sich aber die Platinstange weniger als das Eisen ausdehnt, wobei sich von selbst versteht, daß beide Metalle nach der Bearbeitung nochmals ausgeglüht werden, um ihre künftige Ausdehnung zu einer stets regelmäßigen zu machen, so bleibt die Länge des innern Cylinders gegen die der Hülle bei wachsenden Temperaturen zurück und diese Differenz wird durch den Zeiger angegeben. Die mit unbewaffneten Augen zwar genügend sichtbare, mit der Loupe aber schärfer abzulesende Scale ist von 20° zu 20° C. getheilt, der Nonius gibt 2° C. unmittelbar, durch Schätzung aber 0°,5 C. mit genügender Schärfe; die Empfindlichkeit des Apparats ist so groß, daß die Unterschiede der Temperaturen in verschiedenen Zimmern nach etwa 2 bis höchstens 5 Minuten genau zum Vorschein kommen, bei wiederholten Versuchen zwischen 10° und 100° C. erreichten aber die Fehler für jeden Beobachter nie völlig 0°,5 C. Eben diese Empfindlichkeit muß auch bis zu den höchsten erreichbaren Hitzegraden fortdauern, die so weit gesteigert werden können, bis die Form der Metalle sich ändert oder ihre Verbindungen eine Zerstörung erleiden.

Eine andere Klasse von Pyrometern beruht auf der Ausdehnung, welche die Luft durch die Wärme erfährt, schließt sich daher schon mehr dem Thermometer an. Muncke beschreibt einen von Pouillet hergestellten derartigen Apparat wie folgt. Der Haupttheil besteht aus einem von dickem Platin verfertigten hohlen Körper A Fig. 90., welcher aus zwei Hälften in der Mitte zusammengelöthet und eben so vermittelst des massiven Stücks a mit der Röhre $\alpha\beta$ verbunden ist. Die Löthung geschieht im stärksten Feuer vermittelst eines sehr dünnen, zwischen die übereinander geschobenen Hälften des hohlen Körpers A und eines zwischen die eingepaßten Theile dieses und des massiven Stücks a gelegten Goldblattes. Ist die Löthung einmal geschehen, so werden hierdurch die

geringen Mengen des Goldes mit beiden Flächen des Platins so innig verbunden, daß nach Pouillet's Erfahrung diese Stellen nicht früher als die übrigen Theile des hohlen Körpers in Fluß kommen. Die Länge der großen Axe des hohlen Körpers beträgt nahe 1,75 Zoll, die der kleinen etwa 1 bis 1,25 Zoll, die Länge der Röhre aber ungefähr 2 Fuß, ihre Dicke gegen 1,5 Linien, der innere Kanal der letztern aber höchstens 0,15 Linien im Durchmesser, so daß die darin eingeschlossene Luft das Resultat der Messung nicht merklich afficiren kann. Am andern Ende der Röhre befindet sich gleichfalls ein massives Stück b, vermittelst dessen dieselbe auf die graduirte Glasröhre cd so gesteckt wird, daß die eingeschlossene trockene, atmosphärische Luft nirgends entweichen kann. Die Röhre cd communicirt mit einer andern, gleichfalls graduirten Glasröhre ef, beide aber stehen mit einer dritten gh so in Verbindung, daß durch den Hahn k Quecksilber aus der letztern in beide fließen kann, um das Niveau in ihnen zu erhöhen; bei einer andern Drehung des Hahns aber wird gh verschlossen und bei einer dritten fließt Quecksilber durch die Oeffnung γ aus dem Behälter aus, in welchem die ersten beiden Röhren vereint sind*). Die drei Röhren sind auf der Bodenplatte so aufgerichtet, daß sie in den drei Spitzen eines gleichschenkligen Dreiecks stehen und sind zugleich von einem gläsernen Cylinder umgeben, welcher zur Erhaltung einer gleichmäßigen Temperatur mit Wasser von unveränderter Wärme gefüllt ist. Die Länge der Röhren beträgt ungefähr zwei Fuß und die Beobachtung des Quecksilbers in den zwei graduirten geschieht vermittelst eines Fernrohrs mit einem genau horizontalen Faden, um das Niveau der Quecksilbersäulen in beiden, die zur Vermeidung ungleicher Capillarität von gleichem Durchmesser sein müssen, völlig scharf zu erhalten. Es ergibt sich hiernach leicht, auf welche Weise pyrometrische Messungen mit diesem Apparate angestellt werden. Sind alle drei Röhren bis zu einer gewissen Höhe, in der Regel bis zum Anfange der Scala, mit Quecksilber gefüllt, die eine gh höher als die beiden andern, ist der Hahn so gestellt, daß kein Quecksilber weder aus der letztern, noch aus dem ganzen Apparate abfließt und hat man den umschließenden Glascylinder mit Wasser von der Temperatur der Atmosphäre gefüllt, so wird das Quecksilber in den beiden graduirten Röhren gleich hoch stehen. Alsdann steckt man das Platinrohr mit der Platinkugel auf und beobachtet, ob der Stand des Quecksilbers in der Röhre cd keine Aenderung, etwa in Folge einiger Erwärmung durch die Hand oder durch eine sonstige Ursache, erlitten hat. Ist dieses nicht der Fall oder hat man das Gleichgewicht in beiden Röhren durch das Zulassen oder Ablassen von einigem Quecksilber wieder hergestellt, so wird die hohle Birne der zu messenden Hitze ausgesetzt, deren Stärke der Ausdehnung der Luft direct proportional ist. Die ausgedehnte Luft drückt demnach auf das Quecksilber in der Röhre

*) Man übersieht bald, daß der Hahn nur einmal durchbohrt ist, nämlich in seiner Axe vom äußersten Ende anfangend bis in die Mitte und dann seitwärts ausgehend.

cd, macht dasselbe sinken und dagegen in ef steigen, worauf man so lange Quecksilber durch den geöffneten Hahn ausfließen läßt, bis die Höhe desselben in beiden Röhren gleich ist und die Raumvermehrung in cd den höchsten erreichten Hitzegrad nach den vorausgegangenen Bestimmungen des Werths der Scalentheile angibt. Wenn demnächst der birnförmige Körper aus dem Feuer genommen und zur anfänglichen Temperatur wieder herabgebracht ist, vorausgesetzt, daß der Barometerstand während des Versuchs keine Veränderung erlitten habe, so zieht sich die in cd eingeschlossene Luft wieder in den abgekühlten Raum zurück, das Quecksilber steigt in dieser Röhre, man läßt aus gh neues zufließen, bis es in beiden graduirten Röhren gleich hoch steht und ist dieser Stand wieder der anfängliche, so gewährt dieses eine Controle des ganzen Versuchs.

Noch auf einem andern Prinzipe beruhet diejenige pyrometrische Einrichtung, welche Macaire Prinsep vorgeschlagen hat. Als fixe Puncte ihrer Scale gelten die Schmelzpunkte des Silbers, Goldes und Platins; die Zwischengrade werden durch die Schmelzpunkte von Legirungen dieser Metalle, die nach einem bestimmten Verhältniß derselben gemacht sind, gegeben. Da der Schmelzpunkt des Goldes nicht viel höher als der des Silbers ist, so werden blos 10 Zwischengrade zwischen den Schmelzpuncten beider angenommen, welche Grade so bestimmt sind, daß die Quantität Goldes in jeder der Zwischenlegirungen immer um 10 Procent zunimmt und der Grad 10 selbst dem Schmelzpunkte des reinen Goldes, der Nullpunkt dem Schmelzpunkte des reinen Silbers entspricht. Zwischen dem Schmelzpunkte des reinen Goldes bis zu dem des reinen Platins sind 100 Grade angenommen, indem successiv 1 Procent des letztern Metalls für jede höhere Legirung zugesetzt wird, so daß 100° dem reinen Platin selbst entspricht. Es ist allerdings sehr fraglich und selbst wenig wahrscheinlich, daß diese so festgesetzten Grade den wirklichen Temperaturen selbst genau proportional sind, da die Schmelzbarkeit der Legirungen im allgemeinen nicht die mittlere der in sie eingehenden Metalle ist; allein man wird wenigstens eine genaue Bezeichnung derselben absoluten Temperatur dadurch erhalten, indem man jede Temperatur durch die strengflüssigste der Legirungen bezeichnet, welche bei dieser Temperatur noch darin zu schmelzen vermag, was für die practische Anwendbarkeit hinreicht und es ist dann noch möglich, durch directe Versuche die Vergleichung dieser Grade mit den auf das Luftthermometer bezogenen wirklichen Temperaturgraden zu finden, wie Prinsep selbst für einige dieser Temperaturen gethan hat. Die Bezeichnungsart, die Prinsep zur Angabe der Grade seiner pyrometrischen Vorrichtung gewählt hat, ist folgende:

S. 0,3 G. bedeutet eine Legirung aus 0,7 Silber, 0,3 Gold;

G. 0,23 P. eine Legirung aus 0,77 Gold und 0,23 Platin u. s. f.

Zur bequemen Anwendung seiner pyrometrischen Vorrichtung hat Prinsep kleine Kapellen, von denen jede in gesonderten Fächern 8 bis 10 auf einander folgende pyrometrische Legirungen blos von der Größe eines Stecknadelknopfes enthält. Diese Kapellen werden der zu bestimmenden Temperatur ausgesetzt, und die schwerflüssigste der Legirungen, die dann schmilzt, dient zur Bezeichnung der Temperatur.

Pyrophor (v. d. griech. $\pi\tilde{\nu}\varrho$ Feuer und $\varphi\acute{\varepsilon}\varrho\omega$ tragen), Luftzünder ist eine Kohle haltende Masse von feiner lockerer Structur, welche sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft, besonders an feuchter von selbst entzündet. Man erhält eine solche Masse, wenn man ein Gemenge von gleichen Theilen Kohle und gebranntem Alaun und (nach Döbereiner) eben so viel einfach kohlensaurem Kali in einem verschlossenen Gefäße eine Stunde hindurch im Rothglühen erhält. Nach Gay-Lussac glüht man ein inniges Gemenge von 2 Th. schwefelsaurem Kali und 1. Th. Kohle in einem verschlossenen Gefäße. Einen antimonhaltigen Pyrophor erhält man durch Glühen des Brechweinsteins in verschlossenen Gefäßen. Desgleichen wird (nach Göbel) durch Glühen des weinsauren Bleis ein Luftzünder hergestellt, und auch das nach Gay-Lussac auf nassem Wege bereitete Schwefeleisen soll nach Geiger zuweilen pyrophorisch sein. Die Entzündung an der Luft (wegen welcher diese Substanzen in wohlverschlossenen Gefäßen aufzubewahren sind) scheint von der porösen Beschaffenheit dieser Substanzen abzuhängen.

Q.

Quadrant heißt in der Geometrie der vierte Theil eines Kreises, den man erhält, wenn man zwei Durchmesser des Kreises rechtwinklich auf einander stellt. Da jeder ganze Kreis 360 Grade enthält, so enthält folglich jeder Quadrant 90 Grade, welche dem Winkel am Mittelpunkt, einem rechten Winkel, entsprechen. Der Quadrant wird als einfaches Instrument in der angewandten Mathematik gebraucht, z. B. in der Astronomie zum Höhenmessen. Es sei z. B. ACB (Fig. 91.) eine ebene Tafel in der Gestalt des vierten Theiles eines Kreises ausgeschnitten, so daß der Punkt C der Mittelpunkt dieses Kreises und der Winkel bei $C = 90°$ ist. Die Peripherie dieses Quadranten sei in seine einzelnen Grade und Theile von Graden abgetheilt und um den Mittelpunkt C lasse sich ein Diopter oder ein Fernrohr so herumbewegen, daß dasselbe fortwährend mit der Ebene des Quadranten parallel läuft. Dieses Instrument werde so an eine Wand oder an einen Pfeiler befestigt, daß die eine seiner geradlinigen Seiten genau horizontal, die andere genau senkrecht stehe; unter diesen Voraussetzungen steht dann die Ebene des Quadranten selbst senkrecht auf der Horizontalebene. Befindet sich das Fernrohr dann in der Richtung des horizontalen Halbmessers C0 und erblickt man bei dieser Stellung einen Stern S durch, so liegt dieser Stern im Horizonte des Beobachters und hat eine Höhe $= 0$. Muß dagegen das Fernrohr in die Richtung des Halbmessers C30 gebracht werden, wenn man durch dasselbe den Stern S′ sehen will, so ist $SCS' = AC30 = 30°$ die Höhe des Sternes S′. Die Höhe eines andern Sternes S″ wird ebenso $SCS'' = 50°$ sein.

Namentlich zur Beobachtung der Distanzen (Abstände) der Planeten von zwei benachbarten Fixsternen bedienten sich die Beobachter eines

beweglichen Quadranten mit zwei Fernrohren. Das eine Fernrohr ist wie bei dem eben erwähnten Instrumente in der Ebene des Quadranten um C beweglich, das andere ist fest mit dem Quadranten verbunden, so nämlich, daß es sich in der Richtung CA befindet. Ferner muß aber auch der ganze Quadrant ABC um den Punkt C nach allen Seiten beweglich sein. Dieß geschieht am einfachsten durch eine sogenannte Nuß, wie sie Fig. 92. abgebildet ist. Auf dem unteren Theile der Säule D, welche den Quadranten trägt, ist ein metallener Cylinder befestigt, der an seinem obersten Ende eine halbe Kugelschale C trägt. In diese Schale paßt eine Kugel a, an welche ein hohler Cylinder ab angegossen ist und in dessen Höhlung ein innerer Cylinder ab paßt, an dessen obersten Ende b das Instrument AB oder hier der Quadrant befestigt wird. Die Druckschraube m hält den innern Cylinder in seiner äußern Hülle fest, und die Druckschraube n befestigt die Kugel in ihrer Schale. Wenn man daher die beiden Druckschrauben m und n öffnet, so kann man dem Quadranten irgend eine beliebige auch geneigte Lage gegen den Horizont geben und ihn dann, wenn man die beiden Schrauben anzieht, in dieser Lage auch befestigen. Will man nun mit Hilfe dieses Instruments z. B. die Distanz eines Planeten von einem Fixsterne beobachten, dessen Ort am Himmel bereits bekannt ist, so bringt man zuerst den Quadranten in die Lage der Ebene, welche durch jene beiden Sterne und durch das Auge des Beobachters geht, und stellt ihn so, daß der eine Stern durch das feste Fernrohr gesehen wird. Mittelst der angezeigten Druckschrauben wird der Quadrant in dieser Lage befestigt, und das bewegliche Fernrohr bewegt man so lange in der Ebene des Quadranten hin und her, bis durch dasselbe der zweite Stern erscheint. Durch die Stellung der beiden Fernrohre gegen einander findet man die Distanz der beiden Sterne. Da man gewöhnlich nur mit kleinen Distanzen zu thun hat, so kommt selten die ganze Länge des Bogens AB in Anwendung, man kann daher auch statt dieses Bogens von 90° einen von 60° nehmen, dann hat man einen Sextanten, oder einen Bogen von 45°, dann hat man einen Octanten. Aus der Anordnung des Instrumentes sieht man auch, wie man die Distanzen am besten erhalten wird, wenn zwei Beobachter zugleich in Thätigkeit sind, indem der eine durch das eine, der andere durch das andere Fernrohr sieht. Aus den so gefundenen Distanzen berechneten nun frühere Astronomen die Orte der Planeten am Himmel. Diese Beobachtungen selbst aber waren wegen der zwei Beobachter umständlich und eben so die oft zu wiederholenden Rechnungen. Auch läßt sich ein kleiner Quadrant nicht sorgfältig eintheilen, ein großer sich weder leicht noch sicher in verschiedene Lagen bringen. Daher kam man auf den Gedanken, große Quadranten in der Ebene des Meridians fest aufzustellen und an diesen die Sterne zur Zeit ihrer Culmination (s. d. Art.) zu beobachten. Ein derartiges Instrument ist der Mauerquadrant. Der Mauerquadrant ABC (Fig. 93.) besteht aus mehren starken und unter einander fest verbundenen Stangen und einem ähnlichen Kreisbogen AB von Metall. Dort wo diese Stangen an einander gefügt sind, in den Punkten mmm ist das ganze Instru-

ment durch starke Schrauben an eine, in der Ebene des Meridians errichtete Mauer befestigt. Man wird sich bei diesen Schrauben leicht eine Vorrichtung denken können, durch welche man das ganze Instrument in seiner Lage etwas verrücken und dadurch ganz genau in die Ebene des Meridians bringen kann. Ein Bleiloth BC, oben bei C an einer Nadelspitze befestigt, wird an dem untersten Theile B des eingetheilten Randes BA immer denselben Punkt bedecken, so lange die beiden äußersten Halbmesser CA und CB des Quadranten unverändert dieselbe Lage gegen den Horizont beibehalten. Schlägt der Faden auf einen andern Punkt, so wird man von dieser Abweichung des Quadranten entweder Rechnung tragen, oder sie auch, durch dieselbe Vorrichtung bei den Schrauben m, m.. wieder herstellen und verbessern können. Der Faden dieses Lothes ist durch ein ihn umgebendes Gehäuse vor Luftzug geschützt, und die zu große Beweglichkeit des Gewichts bei B wird dadurch gehindert, daß man es in einem mit Wasser gefüllten Gefäße schwimmen läßt. Das Fernrohr DE bewegt sich um den Mittelpunkt o des Quadranten mit der Fläche desselben parallel. Bei der Ocularseite E ist es mittelst einer Schraube cd und einer doppelten Metallplatte b mit dem Rande des Instruments in Verbindung. Diese Platte umfaßt, in der Gestalt einer Gabel, den Kreisbogen und die beiden Theile derselben können durch eine eigene Schraube einander genähert werden, wodurch dann das Fernrohr fest mit dem Kreisbogen AB verbunden wird. Wenn aber diese beiden Theile der Platte von einander entfernt werden, so läßt sich das Fernrohr frei um den Mittelpunkt o drehen, und auf einen willkürlichen Punkt des Quadranten stellen und daselbst mittelst der erwähnten Schraube bei b so befestigen, daß man kleine Verrückungen des Fernrohrs noch mittelst der Schraube cd hervorbringen, und dadurch das Fernrohr genau auf den zu beobachtenden Stern stellen kann. Auf der jener Platte b entgegen gesetzten Seite ist dieses Fernrohr mit einem kleinen eingetheilten Metallplättchen a oder mit dem Vernier verbunden, der zur genaueren Bestimmung der auf dem Kreise AB angebrachten Theilstriche dient. — Derartige Instrumente sind in den besten Sternwarten von den ausgezeichnetsten Mechanikern mit der größten Sorgfalt aufgestellt, und mit ihnen sind die sorgfältigsten Beobachtungen angestellt worden, denen wir einen großen Theil der Fortschritte der neuern Astronomie verdanken.

Quecksilber, Wassersilber, Merkur, ist ein schweres, edles, bereits in den ältesten Zeiten bekanntes Metall, welches in der Natur theils gediegen, theils mit Schwefel zu Zinnober verbunden oder auch, wiewohl seltener, mit Chlor als Quecksilberhornerz vorkommt. Das Quecksilber hat eine zinnweiße Farbe, starken Metallglanz und ist bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig. Wenn man es mit festen pulverigen Körpern oder mit Fett u. s. w. anhaltend reibt, so zertheilt es sich sehr fein, verliert seine flüssige Beschaffenheit und verwandelt sich in ein graues Pulver, entfernt man aber die fremden Theile wieder, so nimmt das Quecksilber seine frühere Gestalt wieder an. Jene Operation wird das Tödten des Quecksilbers genannt. Es hat ein

specif. Gewicht = 13,5 bis 13,6, gefriert bei 32° R. und krystallisirt in Oktaëdern und Nadeln. Das feste Quecksilber ist weich und dehnbar, besitzt keine Elasticität und hat ein spec. Gewicht = 14,39. An der Luft verdunstet das Quecksilber schon bei gewöhnlicher Temperatur, doch nur sehr langsam, aber bei 284° R. siedet es und destillirt in geeigneten Apparaten vollständig über. Ob das Quecksilber vollkommen rein*) ist, erkennt man zunächst am Glanze seiner Oberfläche und an seiner Beweglichkeit. Wenn es dickflüssig, zäh und mit einer grauen Haut bedeckt ist, so wie wenn es beim langsamen Ablaufen aus der trockenen Hand einen grauen Rückstand läßt, enthält es fremde Metalle. Es darf beim Schütteln mit atmosphärischer Luft in einem trocknen Glase kein graues Pulver bilden, Essigsäure und kalte Schwefelsäure dürfen ihm nicht etwas Fremdes entziehen, und beim Erhitzen muß es sich vollkommen verflüchtigen. Auch darf es mit Kalium amalgamirt beim Uebergießen mit Wasser kein schwarzes Pulver absondern. Das Quecksilber ist namentlich für den Physiker von der größten Wichtigkeit, indem es als wesentlicher Bestandtheil bei sehr vielen Instrumenten und Apparaten angewendet wird, von denen in den betr. Art. die Rede ist. Bei gewöhnlicher Temperatur bleibt das völlig reine Quecksilber an der atmosphärischen Luft unverändert, so wie ihm jedoch fremde Metalle beigemischt sind, bildet sich der schon erwähnte graue Ueberzug, der ein Gemenge von Quecksilberoxydul und feingetheiltem Quecksilber mit den beigemischt gewesenen fremden Metallen im oxydirten Zustande ist. Erhitzt man das Quecksilber unter Luftzutritt bis fast zum Sieden, so zieht es Sauerstoff, an. Das Quecksilberoxydul ist ein grauschwarzes, geschmackloses und im Wasser unlösliches Pulver, welches schon am Tageslichte, in der Siedhitze des Wassers in Quecksilber und Oxyd, bei stärkerem Erhitzen in Quecksilber und Sauerstoff zersetzt wird. Die Quecksilberoxydulsalze, welche es mit Säuren bildet, sind farblos oder weiß. Das Quecksilberoxyd, (rothes Quecksilberpräcipitat) bildet sich beim Erhitzen des Quecksilbers an der Luft bis zum Siedepunkte, so wie beim Erhitzen desselben mit überschüssiger Schwefelsäure oder Salpetersäure. Dasselbe ist ein gelbrothes, glanzloses Pulver, oder eine scharlachrothe, lose zusammenhängende, glänzend krystallinische Masse. Es wird beim Erhitzen vorübergehend zinnoberroth, dann dunkel violett und hat ein specif. Gewicht = 11,00. Anfangs ist es geschmacklos, entwickelt jedoch später einen widerlich metallischen Geschmack und wirkt giftig. Es wird durch Licht in Sauerstoff und Quecksilber zersetzt, und eben so wird es in einer etwas den Siedepunkt des Quecksilbers übersteigenden Hitze in Sauerstoff und verdampfendes Metall zerlegt. Antimon, Zink und Zinn und andere Metalle entzünden sich beim Erhitzen mit demselben. Viele organische Stoffe, Zucker, Gummi u. a. desoxydiren es beim Erhitzen mit Wasser. Er-

*) Das im Handel vorkommende ist nicht immer rein und muß daher, wenn es darauf ankommt, reines Quecksilber zu haben, noch gereinigt werden. Wie dieß geschieht s. im Art. Barometer S. 145.

hitzt man es mit Schwefel, so verpufft er heftig, eben so mit Phosphor durch den bloßen Schlag. Die Quecksilberoxydsalze, welche es mit Säuren bildet, sind farblos oder gelb, theils löslich, theils unlöslich im Wasser und giftig. — Quecksilber und Stickstoff sind verbunden im salpetersaurem Quecksilberoxydul und salpetersauren Quecksilberoxyd. Das erstere krystallisirt entweder (basisches) in weißen Oktaëdern oder (neutrales) in vierseitigen Säulen, ist von herbem metallischen Geschmack und löst sich beim Erwärmen in Wasser. Mit verbrennlichen Körpern erhitzt, verpufft es. Das salpetersaure Quecksilberoxyd krystallisirt in durchsichtigen vierseitigen Säulen und Nadeln, schmeckt scharf metallisch und ist sehr giftig. Es ist leicht löslich in Wasser und Salpetersäure. Wenn man Quecksilberoxyd mit wäßrigem Ammoniak digerirt, so erhält man Prousts Knallquecksilber, eine feste, gelbe, in der Hitze verpuffende Verbindung. Das basisch salpetersaure Quecksilberoxydul-Ammoniak (Hahnemanns auflösliches Quecksilber) ist ein sammetschwarzes zartes Pulver, welches geschmacklos und unlöslich in Wasser ist. — Quecksilber und Chlor vereinigen sich zu einfach und doppelt Chlorquecksilber. Jenes (Halbchlorquecksilber, versüßtes Quecksilber, Quecksilberchlorür, salzsaures Quecksilberoxydul) kommt natürlich in quadratischen Oktaëdern krystallisirt vor. Das durch Sublimation erhaltene ist eine zusammenhängende, strahlig krystallinische, weiße durchscheinende, glänzende Masse. Bisweilen erhält man farblos durchsichtige, diamant-glänzende Krystalle von 1 bis 2'' Länge und 1 bis $1\frac{1}{2}$'' Dicke, welche geschoben vierseitige Säulen sind, mit vier ungleichen Flächen zugespitzt. Durch Präcipitation erhält man ein zartes weißes, wenig gelbliches Pulver. Durch Drücken mit einem harten Körper und Ritzen des derben Sublimats, wird es schwefelgelb. Es hat ein specif. Gewicht = 7,176, ist geschmacklos, unlöslich im kalten Weingeist und kalten Wasser, etwas löslich im heißen Wasser und heißen Weingeist und in der Hitze flüchtig. Am Lichte färbt es sich dunkel. Das doppelt Chlorquecksilber (einfach Chlorquecksilber, Quecksilberchlorid, salzsaures Quecksilberoxyd, ätzender Sublimat, Chlorquecksilbersäure) krystallisirt aus seiner Lösung in weißen, durchsichtigen, vierseitigen, mit 2 Flächen zugespitzten Säulen. Durch Sublimation erhält man eine weiße, durchscheinende, leicht zerreibliche Masse von faseriger Textur. Es hat ein specif. Gewicht = 5,14 bis 5,42, einen scharfen und widerlich metallischen Geschmack, ist sehr giftig. Als Gegengifte wirken Eiweiß und Weizenkleber. Es schmilzt in der Hitze und verflüchtigt sich endlich. 18 Th. kaltes und 2 Th. kochendes Wasser lösen es, noch leichter Weingeist und Aether. Das gefällte basische salzsaure Quecksilberoxyd-Ammoniak (weißes Quecksilber-Präcipitat, chlorwasserstoffsaures Ammoniak-Quecksilberoxyd, basisches Ammoniumquecksilberchlorid) ist ein weißes Pulver von widerlich scharf metallischem Geschmack und giftig, in Wasser wenig, in Weinessig gar nicht löslich, in der Hitze flüchtig. — Das einfache Bromquecksilber (Halbbromquecksilber, Quecksilber-

bromür) besteht in weißen faserigen Krystallen oder einem weißen wenig geblichen flockigen zarten Pulver, welches geschmacklos, in Wasser und Weingeist unlöslich, in schwacher Rothglühhitze flüchtig ist. Das doppelt Bromquecksilber (Quecksilberbromid, einfach Bromquecksilber, Bromquecksilbersäure) krystallisirt in silberweißen, dünnen glänzenden Blättchen oder plattgedrückten vierseitigen Säulen, schmeckt widerlich scharf metallisch und wirkt giftig. In der Hitze ist es schmelzbar und flüchtig, in Wasser schwer löslich; leichter in Weingeist und Aether. — Das einfach Jodquecksilber (Quecksilberiodür, Halbiodquecksilber) ist ein grünlichgelbes Pulver, das beim Erhitzen vorübergehend roth wird, ein specif. Gew. = 7,75 hat, in Wasser und Weingeist unlöslich, schmelzbar und flüchtig ist. Das doppelt Jodquecksilber (Quecksilberiodid, einfach Jodquecksilber, Jodquecksilbersäure) ist ein schön scharlachrothes Pulver von 6,32 specif. Gew., welches leicht schmelzbar ist und dabei gelb wird. Es ist unlöslich im Wasser, löslich in Weingeist, in der Hitze flüchtig und bildet bei der Sublimation schwefelgelbe rhombische Tafeln, welche beim Zerreiben wieder schön scharlachroth werden. — Das einfache Schwefelquecksilber (Halbschwefelquecksilber) ist ein schwarzes geschmackloses, leicht in Quecksilber und Zinnober zerlegbares Pulver. Das schwarze doppelt Schwefelquecksilber zum Theil mit überschüssigem Schwefel (schwarzes einfach Schwefelquecksilber, mineralischer Mohr) ist ein schwarzes gewichtiges, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver, welches sich beim Erhitzen und Sublimiren in Zinnober umwandelt. An der Luft erhitzt, verbrennt der mineralische Mohr mit blauer Flamme. Das rothe doppelt Schwefelquecksilber (einfach Schwefelquecksilber, Zinnober, war schon bei den Alten unter dem Namen Minium bekannt) ist eine innigere Verbindung als das schwarze Schwefelquecksilber. Der natürliche Zinnober findet sich krystallisirt in zum Theil durchscheinenden chonenillrothen Rhomboëdern und deren Abänderungen. Der künstliche sublimirte ist eine dunkel cochenillrothe oder hellbraunrothe, strahlig krystallinische Masse und nimmt durch Zerreiben eine lebhaft scharlachrothe Farbe an. Der schönste kommt aus China und unter dem Namen Vermillon aus Holland. Auch der auf nassem Wege bereitete Zinnober hat eine schöne hochrothe Farbe. Die Farbe wird beim Erhitzen vorübergehend dunkler. Er hat ein specif. Gew. = 8,124, ist geschmack- und geruchlos, in Wasser, Weingeist, wässerigen Säuren und Alkalien unlöslich, in der Hitze flüchtig. Weder das schwarze noch das rothe Schwefelquecksilber soll giftig sein. Das neutrale schwefelsaure Quecksilberoxyd (Quecksilbervitriol) ist eine weiße Salzmasse von scharfem ätzenden metallischen Geschmack, die in heißem Wasser in saures und basisches Salz zerfällt. Dieses basisch schwefels. Quecksilberoxyd (Mineral-Turphit) ist ein citronengelbes Pulver, welches anfangs geschmacklos ist, dann aber einen widerlichen metallischen Geschmack entwickelt. Es wird am Lichte grau und löst sich nur in 2000 Th. kalten und 600 Th. kochenden Wassers. — Das phosphorsaure Quecksilberoxydul und Oxyd

sind beide weiße aus zarten Spießchen bestehende Pulver, die im Wasser fast unlöslich sind. Das Oxydul ist beinah geschmacklos, das Oxyd dagegen hat einen widerlichen Metallgeschmack. — Eben so gibt es ein kohlensaures Quecksilberoxydul, ein weißes oder graugelbes Pulver und ein kohlens. Quecksilberoxyd, ein gelb oder braunrothes Pulver. Wichtiger ist das doppelt Cyanquecksilber (einfach Cyanquecksilber oder Quecksilbercyanid, blausaures Quecksilberoxyd). Es bildet weiße, an den Kanten durchscheinende oder durchsichtige, glänzende, rechtwinkelig vierseitige Säulen, welche schräg abgestumpft oder mit 2 ungleichen, auf den Seitenkanten aufsitzenden, oder mit 4 Flächen zugespitzt sind, auch regelmäßige sechsseitige Säulen mit 6 Flächen zugeschärft, ist luftbeständig, hat einen widerlich metallischen, lange anhaltenden Geschmack, welcher zugleich dem der Blausäure ähnlich ist, und ist bei gewöhnlicher Temperatur in 8 Th. Wasser löslich, so wie in Weingeist. Das knallsaure Quecksilberoxyd, (Howards Knallquecksilber) besteht in weißen, seidenglänzenden, zart anzufühlenden, süßlich metallisch schmeckenden Nadeln, die in kaltem Wasser wenig, besser in heißem löslich sind. Dasselbe verpufft heftig durch Erhitzen, Druck, Stoß u. s. w. Man bedient sich daher desselben zu Bereitung der Zündhütchen für Percussionsgewehre. — Mit vielen Metallen verbindet sich das Quecksilber und gibt Verquickungen oder Amalgame (s. d. Art.).

Quelle, Quell, Brunnen heißt jeder Ort wo Wasser aus dem Innern der Erde vortritt. Man unterscheidet süße und mineralische Quellen oder Sauerquellen. Jene sind solche, deren Wasser keine mineralischen Bestandtheile beigemischt enthält, welches nur höchst selten vorkommt, oder deren mineralische Bestandtheile so unbedeutend sind, daß sie durch Geruch und Geschmack nicht deutlich unterschieden werden können. Seltner als die süßen sind die mineralischen Quellen, welche eine bei weitem größere Quantität mineralischer Bestandtheile enthalten; von ihnen soll sogleich noch besonders die Rede sein. Die natürlichen Quellen sind in sehr großer Anzahl über die Erdoberfläche verbreitet, und erzeugen die Flüsse, Ströme, Seen, Sümpfe u. s. f. Ein Theil tritt aus der Erde unmittelbar an die atmosphärische Luft, und ein anderer wie es scheint weit beträchtlicher Theil kommt unter der Oberfläche des Wassers hervor. Das Dasein solcher Quellen schließt man nicht allein aus der starken Vermehrung des Wassers in den größeren Wasseransammlungen, sondern auch aus der Beobachtung, daß an Stellen wo in Fluß- oder Seebetten Quellen vorhanden sind, im Winter die Eisdecke sich gar nicht oder doch erst spät schließt. Auf eine besonders merkwürdige Weise verrathen sich Quellen süßen Wassers im Meere und in Seen. Das süße Wasser ist bekanntlich leichter als das salzige, und Schiffe die noch von diesem getragen werden können, würden sich auf süßem Wasser nicht schwimmend erhalten. Spallanzani entdeckte in dem salzigen See bei Spezzia eine so starke Quelle süßen Wassers, daß sich kein Boot über derselben halten konnte. Er ließ sein Boot festbinden und fand nun die Quelle in

38,5 F. Tiefe auf. Nach seiner Meinung entstand diese Quelle durch einen in der Nähe versiegenden Bach. Einige Seen verrathen das Vorhandensein unterirdischer Quellen dadurch, daß aus ihnen bisweilen größere Quantitäten Wassers jährlich ausströmen, als in sie hineinfließen. Quellen von Süßwasser im Meere hat man bei Cuba, ferner bei der Mündung des Rio Lagartos in der Gegend des Cap Catoche entdeckt. Besonders merkwürdig ist eine süße Quelle mitten im Meere 125 engl. Meilen von Chittagong und 100 Meilen von Junderbunds. Auch im persischen Meerbusen bei der kleinen Insel Arad bemerkt man zur Zeit der Ebbe gegen 30 Quellen süßen Wassers in der Tiefe des Meeres. Das süße Wasser aus diesen Quellen fangen die Araber auf, indem sie lederne Schläuche mit der Oeffnung über die Mündung solch einer Quelle halten. Die Quellen lassen sich in zu Tage gehende und unterirdische eintheilen. Zu den erstern gehören auch die in Wasseransammlungen, so wie die in Höhlen mündenden und zu den letzteren alle diejenigen, welche erst durch künstliche Mittel zu Tage gefördert werden, beim Graben von Brunnen und Anlegung der Schachte in Bergwerken. Unterirdische Quellen finden sich fast überall, aber in sehr ungleichen Tiefen. Um sie zu entdecken und zu benutzen muß man oft bis zu beträchtlichen Tiefen graben. Da dieses mit großen Kosten verbunden ist, so hat man in neueren Zeiten statt des Grabens Bohrlöcher mit dem Erd- oder Bergbohrer in die Erde eingetrieben. Durch diese sogenannten Bohrbrunnen oder Artesischen Brunen kann man bis zu beträchtlichen Tiefen kommen bei einem weit geringeren Kostenaufwand. Andere Vortheile der arthesischen Brunnen werden weiter unten erwähnt werden. Den Namen artesische Brunnen haben dieselben von der Provinz Artois, wo man wegen der günstigen Beschaffenheit des Terrains Bohrbrunnen anlegte, und von wo aus die Sitte des Brunnenbohrens größere Verbreitung gefunden hat. Doch hat man früher als dort schon in Deutschland (Oestreich) und Oberitalien Bohrbrunnen angelegt. Das wundervolle Volk der Chinesen scheint schon in den ältesten Zeiten Bohrbrunnen gehabt zu haben. (S. d. Folg.)

Aus den Quellen geht das Wasser in die Flüsse und aus diesen in das Meer. Hier also sammelt sich fast alles auf der Erde entspringende Wasser an. Auf den ersten Augenblick scheint es unbegreiflich, da die Quellen unausgesetzt sich ergießen, wie das Meer nicht ohne Aufhören anschwellen und allmählig alle Küsten übersteigen und das Land überschwemmen muß. Dieses wird um so auffälliger, wenn man einzelne Binnenmeere beobachtet. Das Caspische Meer z. B. nimmt mehre große Flüsse auf, und unter diesen den größten Fluß Europas, die Wolga, und dennoch erhebt sich seine Oberfläche keineswegs. Man könnte dieß aus einem Zusammenhange mit dem Weltmeere erklären, in welches es sich seiner zuströmenden Wassermenge entledigte, aber weder ein äußerlicher Zusammenhang mit dem Weltmeere findet statt, noch ein unterirdischer. Dieß letztere (obgleich andere Gründe für einen solchen sprechen) geht wenigstens aus dem Umstande hervor, daß sich der Spiegel des Caspischen Meeres über den des Weltmeers nicht allein nicht erhebt, sondern sogar um 300 F. niedriger steht. Man hat die ange-

gebene Erscheinung durch einen unterirdischen Zusammenhang der Quellen mit dem Meere zu erklären gesucht. Das Wasser welches auf der Oberfläche der Erde erscheint und in das Meer fließt, soll durch Kanäle im Innern der Erde wieder nach den Quellen zurückgeführt werden. So natürlich es nun ist, daß von den höheren Orten, an denen die Quellen entspringen, das Wasser nach dem am niedrigsten gelegenen Meere fließen, so widernatürlich und darum unmöglich ist das Zurücksteigen des Meerwassers nach den Quellen. Der Luftdruck kann hierbei nicht von Einfluß sein, denn mit gleicher Stärke, wie auf der Oberfläche des Meeres, lastet derselbe auch auf den Quellen. Die Nichtvermehrung des Meerwassers und die fortwährende Erzeugung der Quellen, erklärt sich zugleich durch folgende (nach Bruckmann mitgetheilte) einfache Betrachtung. Wenn man ein Gefäß bis an den Rand mit Wasser füllt, und ins Freie setzt, so daß die Luft seine Oberfläche bestreichen kann, so wird man wahrnehmen, daß das Wasser täglich weniger wird, und das Gefäß am Ende — wenn es anders keinen Zufluß erhält — ganz leer wird. Diese Abnahme des Wassers ist unter dem Namen: Verdunstung allgemein bekannt. Es entstehen nämlich, wie genaue Beobachtungen gezeigt haben, auf der Oberfläche des Wassers unzählige ganz kleine, dem Auge unsichtbare mit Luft angefüllte Bläschen, welche sich losmachen, in die Luft entweichen, und sogleich wieder durch neue ersetzt werden. Dieser Proceß geht unaufhörlich fort, er wird beschleunigt durch warme Witterung, besonders durch Sonnenschein, hauptsächlich aber durch Bewegung des Wassers und der Luft (Wind), durch welche diese Bläschen schneller fortgeführt, und durch neue ersetzt werden. Es ist nämlich allgemein bekannt, daß z. B. aufgehängte Wäsche, die Felder, die Straßen u. s. w. desto schneller trocknen, je stärker sich die Luft bewegt, d. h. je stärker der Wind weht. Diese Verdunstung nun, welche nach Umständen bald schneller bald weniger schnell vor sich geht, beträgt im ganzen Jahre ungefähr 30 bis 36 Zoll, und in einem Tage oder 24 Stunden $\frac{1}{12}$ Z., d. h. die Oberfläche des Wassers, wird täglich um $\frac{1}{12}$ Z. durch die Verdunstung niedriger. Rechnet man die Oberfläche der Erde auf 9288000 Quadrat-Meilen, und nimmt man, wie gewöhnlich, an, daß $\frac{2}{3}$ hiervon Wasser sei, so beträgt dieß 6192000 geogr. Quadrat-Meilen. Wenn nun diese Meeresfläche täglich nur um $\frac{1}{12}$ Z. (1 Linie) verdunstet, so beträgt dieß in 24 Stunden 1,66023 Cubik-Meilen oder = 28'844'800,000,000 Cubik-Fuß 2'307'584,000,000 Würtemberg. Eimer, was auf jede Minute 1602 Millionen Eimer beträgt. Aber nicht nur das Meer ist es, das beständig so viel Wasser verdunstet, auch die Flüsse, Bäche, Seen und Sümpfe auf dem festen Lande, die Erde selbst, die Gewächse, auch alle lebenden Geschöpfe verdunsten beständig Feuchtigkeit, welche gleichfalls von der Atmosphäre aufgenommen wird, und von deren Menge sich kein Maß angeben läßt. Alle diese Dünste werden in unendlich kleinen Wassertheilchen (nach neueren Beobachtungen, wie oben bemerkt, als unsichtbare Luftbläschen) in die Atmosphäre aufgenommen, und erfüllen dieselbe zu allen Zeiten und bei jeder Witterung. Selbst im höchsten Sommer, und bei der

größten Dürre, ist die Luft nicht frei von diesem Wassergehalte, wie man sich aus folgendem leicht überzeugen kann: a) Wenn man einen Körper, z. B. ein Glas, Messer u. s. w. von einem kältern Ort, schnell an einen wärmern bringt, so läuft er an, oder er wird auf seiner Oberfläche naß, nämlich mit einem dünnen Beschlage von Wasser überzogen. Dieses Wasser, das auch gleich wieder abdunstet, sobald der kältere Körper mit der Atmosphäre gleiche Temperatur angenommen hat, konnte nirgends anders herkommen, als von dem Dunste, welcher unsichtbar und unfühlbar in der ganz trocken scheinenden Luft enthalten ist, indem nämlich dem das Glas unmittelbar umgebenden Dunste der Wärmestoff entzogen wird. b) Wenn im Winter ein Zimmer geheitzt wird, so schwitzen die Fenster, d. h. es setzt sich an diese, als den kältern Theil, das in der Luft enthaltene Wasser, in tropfbar flüssiger Gestalt an, und zwar um so stärker, je größer die Kälte oder die Differenz der Temperatur zwischen der äußern und innern Luft, und je größer die Zahl der (ausdünstenden) im Zimmer befindlichen Personen u. s. w. ist. c) Wenn nach anhaltend strenger Kälte, auf einmal Thauwetter eintritt, so setzt sich an Wänden und Mauern ein Eisüberzug an, welcher von den in der Luft enthaltenen Wasserdünsten herrührt, die sich an diesen kältern Theilen condensiren und wenn die Temperatur dieser Mauern u. s. w. sich noch nicht über 0 erhoben hat, — zu Eis krystallisirt werden. Diese wenigen Beispiele, deren noch viele gegeben werden könnten, zeigen deutlich, daß die ganz rein und trocken scheinende Luft beständig mit Wasserdünsten angefüllt ist und daß diese Wasserdünste die Eigenschaft haben, sich an Körpern, welche kälter sind als die Luft, in tropfbar flüssiger Gestalt abzusetzen. Auch ohne Zuthun eines dritten kalten Körpers setzt die Luft einen Theil der in ihr enthaltenen Feuchtigkeit ab, so bald sich ihre Temperatur vermindert, was besonders beim Auf- und Niedergange der Sonne der Fall ist, und wodurch diejenige Befeuchtung des Bodens und der Gewächse entsteht, welche wir im Sommer Thau, im Winter aber Reif nennen, und welche in (heißen) Ländern, wo es wenig regnet, viel stärker ist, und dort gleichsam die Stelle des Regens vertreten muß. Eine Ursache der Entstehungsart der Nebel und Wolken möchte auch diese sein, daß die in der Luft enthaltenen Wasserdünste häufiger werden, sich näher an einander anschließen, und sich wegen niedrigerer Temperatur zu condensiren anfangen. Diese Wolken, Nebel u. s. w. befeuchten Alles was sie berühren, hauptsächlich die Berge, an welchen sie ihr Wasser in tropfbarer Gestalt absetzen, und wenn diese Wasserdünste noch dichter werden, so vereinigen sie sich zu Tropfen, und es entsteht Regen oder Schnee. Auf diese Weise entledigt sich die Luft immer wieder der Wassermasse, welche sie durch Verdunstung in sich aufgenommen hat, und so dauert dieser Wechsel, nämlich Verdunstung des Wassers, und Aufnahme desselben in die Luft, und wieder Niederschlag desselben auf den angegebenen Wegen beständig fort. Wenn aber auch diese Wechselwirkung, nämlich Ausdünstung und Niederschlag, in gleichen Zeiten nicht gleiche Quantitäten Wasser nehmen und wiedergeben, welche Ungleichheit, wie die Erfahrung lehrt, sich auf Wochen, Monate und

selbst auf Jahre ausdehnt, so kommt doch jedesmal wieder eine Zeit, wo sich alles ausgleicht, so daß man behaupten kann, daß die auf der Erde befindliche Wasser-Menge im Durchschnitte immer dieselbe bleibt.

Diese einfache, auf sichtbaren Thatsachen beruhende Erläuterung der Entstehung der Quellen, hat zwar noch kein Naturkundiger angefochten, manche aber haben sie nicht befriedigend genug gefunden, und dieser Hauptursache der Entstehung der Quellen noch mehre beizugesellen gesucht, wozu allerdings besondere Erscheinungen, wie folgende, die erste Veranlassung gegeben haben mögen, und wovon z. B. **Lulof** in seiner Einleitung zur Kenntniß der Erdkugel erzählt: »Man habe einst auf der Spitze des Berges Odmilooß in Slavonien nach Steinen gegraben, und in einer Tiefe von 10 Fuß wirklich ein Steinlager gewonnen. Als man dieses herausgefördert, sei aus den Spalten des darunter hinstreichenden Felsens, 13 Tage lang ein dicker Dampf mit unglaublicher Geschwindigkeit heraus geströmt, 24 Tage nachher aber, alle aus diesem Berge entsprungene Quellen vertrocknet. Ein andermal hätten die Cartheuser, welche 2 Meilen von Paris eine Mühle besaßen, eine merkliche Verminderung des Wassers verspürt, zugleich aber auch die Bemerkung gemacht, daß an den offenen Ritzen, eines nahe gelegenen Steinbruches eine Menge Dampf hervorbreche. Sie hätten hierauf die Ritzen verstopft, und ihren vorigen Wasserzufluß wieder erhalten.« Diese Erscheinungen werden sich vollkommen genügend erklären, wenn man folgende dritte, von welcher **Bruckmann** selbst Augenzeuge war, mit in Betrachtung zieht. »In dem Bergschlosse zu Tübingen befindet sich unter Gewölben ein runder ausgemauerter Brunnen von etwa 200 Fuß Tiefe. Vor ungefähr 40 Jahren hatte dieser Brunnen noch mehre Fuß tief Wasser, und damals stieg aus der Mündung des Brunnenschachtes ein beständiger dicker Nebel in die Höhe, welcher sich an den Mauern und der Decke des Gewölbes zu Wassertropfen so condensirte, daß an den Mauern kleine Ströme von Wasser herabliefen, welche auf dem Boden eine Art von Bach bildeten, der beständig in den Boden einsickerte.« (Jetzt, nachdem während dieser Zeit so viele Steine und angezündete Strohbüschel, auch Schwärmer u. s. w. in den Brunnen geworfen wurden, ist sein Boden aufgefüllt und trocken, und der erwähnte ausströmende Nebel und eben so das von ihm an den Mauern erzeugte Wasser verschwunden.) In diesem Brunnen ist nun kein anderer Proceß vor sich gegangen, als der nämliche, dem alle Quellen ihr Daseyn zu verdanken haben. Es hat sich nämlich beständig ein Theil des Schachtwassers (vermuthlich durch höhere Temperatur begünstiget) in Dunst aufgelöst, ist als solcher in die Höhe gestiegen, und hat sich an den kalten Mauern wieder zu Wassertropfen verdichtet. Die von **Lulof** erzählten Erscheinungen werden wohl mit dieser die gleiche Grundursache haben, und deßhalb keiner weitern Erläuterung bedürfen.

Dieses aus der Atmosphäre auf die Erde niederfallende Wasser bringt in die Erde ein, so tief als sie locker und für das Wasser durchdringlich ist; es erfüllt alle Zwischenräume und Klüfte, welche

hauptsächlich im Innern der Gebirge vorkommen, und welche oft große Höhlungen und Sammelplätze für das Wasser bilden, und nur das was nicht eindringen kann, theils wenn die Höhlungen gefüllt sind, theils wenn das Wasser nicht so schnell in die mit Dammerde bedeckten Felsklüfte eindringen kann, als der Regen es schüttet, läuft in das Thal und die niedrigsten Punkte ab, und bringt Bäche und Flüsse öfters zum Anschwellen und Uebertreten. Je klüftiger nun das Gebirg ist, und je größer seine Oberfläche, desto mehr wird Wasser in dasselbe eindringen, und zwar in jeder Stelle so tief, bis es auf ein Hinderniß stößt, d. h. bis es auf eine Schicht kommt, welche kein Wasser durchläßt, und dasselbe nöthigt, sich seitwärts einen Ausweg zu suchen, oder aufzustauen. Dergleichen nicht durchlassende Schichten kommen in den Gebirgen sehr häufig zwischen den klüftigen vor; als Unterlage unter klüftigem Gestein fangen sie das von oben kommende Wasser auf, und bringen es oft schon in beträchtlicher Höhe als Gebirgs-Quellen zum Ausguß und als Decke über klüftigem Gestein halten sie das von ihnen ausgehende, oder über ihrem Anfang am Gebirge schon eingedrungene Wasser eingeschlossen und nöthigen dasselbe in seinem unterirdischen Laufe so lange fortzufließen, bis an irgend einer Stelle diese Decke durchbrochen ist, wo sodann das Wasser als **natürliche Quelle** in die Höhe steigt. Solche wasserhaltende, mit einer undurchdringlichen Decke versehene Schichten, kommen in den Flötzgebirgen gewöhnlich mehre über und unter einander vor, und öfters in sehr beträchtlicher Tiefe, weßhalb man bei Erbohrung solcher Brunnen, bei welchen das angebohrte Wasser nicht hoch genug aufsteigt, durch Tieferbohren häufig seinen Zweck erreicht, denn die Erfahrung hat gelehrt, daß die tiefer vorkommenden Wasserschichten, meistens einen höhern Ursprung (Einlauf) haben, und daß sie mithin nach ihrer Lösung auch höher und mächtiger aufsteigen und ausgießen, als die weniger tief gehenden. Diese Wasserschichten sind häufig von sehr großer Ausdehnung nach Breite und Länge; sie können Meilen weit fortlaufen bis sie endlich irgend einen Ausweg (etwa in einem Flußbette) finden, oder ihre Decke durchbrechen, und eine senkrecht aufsteigende natürliche Quelle bilden, oder auch ganz gesperrt bleiben. Wird aber die auf der Wasserschichte befindliche wasserhaltende Decke mittelst des Erd- oder Bergbohrers durchbohrt und dafür gesorgt, daß das Bohrloch ein festes Ganzes bildet, und dem aufsteigenden Wasser das Ausweichen seitwärts nicht gestattet, so springt das eingesperrte Wasser mit Macht in die Höhe, und nach Umständen oft hoch über die Erdfläche, und so entsteht ein **Bohr-** oder sogenannter **artesischer Brunnen.**

Die Höhe, auf welche das Wasser in einem solchen Bohrbrunnen steigt, sollte nach reinen hydrostatischen Gesetzen eigentlich derjenigen Höhe gleich sein, auf welcher das Wasser im Gebirge unter seine nicht durchlassende Decke eintritt, allein sie kann dieß nur in sehr seltenen Fällen sein und zwar aus folgenden Gründen: Die wasserführenden Gebirgsschichten sind keineswegs wie künstliche Röhrenleitungen zu betrachten, in welchen das Wasser durch glatte Wände, ohne irgend ein den Lauf hemmendes Hinderniß bis zum Orte seiner Bestimmung durchflie-

ßen kann. Im Gegentheile, diese Schichten bestehen meistens aus rauhen unebenen Flächen, und sind nicht bloß mit Wasser, sondern häufig mit Gerölle, Sand u. dgl. so ausgefüllt, daß das Wasser nicht frei durchfließen, sondern bloß langsam durchsickern kann, und nur der großen Ausdehnung dieser Wasserschichten und dem daher entstehenden Zudrange von allen Seiten ist es zuzuschreiben, daß da, wo die Decke durchbohrt wird, ein mächtiger Strahl hervortritt, welcher jedoch gewöhnlich erst im zweiten oder dritten Tage, wenn nämlich das Bohrloch von dem eingetretenen, dasselbe verengenden Sand u. s. w. gereinigt ist, ganz vollständig und permanent wird. Wenn aber schon bei geregelten Röhrenleitungen wegen des Widerstandes, den das Wasser beim Durchgange durch runde Röhren erleidet, und welcher sich verhält, wie die Länge der Röhre und wie die Quadrate der Geschwindigkeiten und umgekehrt, wie die Durchmesser*) — von der gesammten Druckhöhe, ein gewisser Theil als Widerstandshöhe in Abzug gebracht werden muß, so daß nur der Rest als Geschwindigkeits- oder Steighöhe angesehen werden kann, so muß der Widerstand da, wo das Wasser nur mühsam durchsickern kann, viel beträchtlicher, und die zu seiner Ueberwindung erforderliche Widerstandshöhe viel größer, mithin die übrigbleibende Steighöhe viel geringer sein.**)

---

*) D. h. bei nocheinmal so langer Röhre ist der Widerstand nocheinmal so groß; ferner, bei nocheinmal so großer Geschwindigkeit ist der Widerstand viermal größer, und bei nocheinmal so großem Durchmesser ist der Widerstand nur ein halbmal so groß.

**) Die Steig- oder Geschwindigkeitshöhe, welche man erhält, wenn man von der ganzen Druckhöhe sowohl die Höhe des Ausgusses als auch diejenige Höhe abzieht, welche nöthig ist, um den Widerstand zu überwinden, den das Wasser beim Durchgange durch seine Schichten erleidet, ist allemal der Maßstab zur Berechnung der Geschwindigkeit und Menge des ausfließenden Wassers; — vorausgesetzt, daß die angebohrte Schichte oder Kluft so reich an Wasser ist, daß sie das, was ihr ein Bohrloch entziehen kann, beständig zu ersetzen vermag. Hätte man z. B. ein Bohrloch niedergetrieben, aus welchem in einem 12 Fuß hohen aufrecht stehenden Rohre das Wasser gerade bis an den obern Rand steigen würde, aber wenig und zu Zeiten gar nicht übergösse, das heißt mit andern Worten: hätte man eine Quelle erbohrt, deren Wasser 12 Fuß über die Erdfläche stiege, — so würde, so lange auch die Röhre 12 Fuß hoch ohne Seitenöffnung bliebe, Druck und Gegendruck sich aufheben und keine Bewegung, d. h. kein Ausguß erfolgen. Um diese zu bewerkstelligen, d. h. um laufendes Wasser zu erhalten, müßte der Gegendruck geringer sein als der Druck, d. i. die Röhre müßte entweder kürzer abgeschnitten oder auf der Seite angebohrt werden. Würde nun der Teucher 1 Fuß unter seinem Kopfe angebohrt, so würde das Wasser nach würtemb. Decimalmaß mit einer Geschwindigkeit von 8,246 Fuß ausströmen; es würde nämlich in jeder Secunde einen Wasserstrahl ausströmen, welcher 8 Fuß 2 Z.

Aus den vorangegangenen Betrachtungen erklärt sich die Erscheinung zur Genüge, daß, wenn längs eines sanften Bergabhanges mehre Brunnen in einer Reihe gebohrt werden, in allen die Wasser auf gewisse Höhen steigen können, welche gegen die sonstige Regel nicht in einer horizontalen Ebene liegt, sondern mehr mit der Erdfläche parallel läuft. Es erklärt sich aber auch daraus, wie viel Zeit unter den angegebenen Umständen jeder Wassertropfen nöthig haben kann, um von dem Punkte seines Einlaufs und resp. Sammelplatzes bis zu seinem, durch Natur oder Kunst geschaffenen Austritte zu gelangen. Dieses so häufig vorkommende langsame Durchsickern des Wassers, wird durch folgenden Jedermann bekannten Umstand noch deutlicher dargethan: Die vielen oft in weit ausgedehnten Ebenen vorkommenden, von den Flüssen angeschwemmten Thäler, bestehen gewöhnlich aus Sand, Kies (Schotter), Lehm u. s. w. mit einer Decke von Dammerde. In diese Erdarten sind die Keller gegraben, auf welchen die in der Nähe der Flüsse erbauten Häuser ruhen. Wenn nun der Fluß anschwellt, so steigt auch in den nahe gelegenen Kellern und gegrabenen Brunnen das Wasser in die Höhe; aber bei weitem nicht so schnell als im Flusse; im Gegentheile: wenn z. B. bei Heilbronn der Neckar noch so schnell ansteigt, so dauert es doch in Kellern, welche kaum 1000 Fuß vom Flusse ent-

---

$4\frac{6}{10}$ Linien lang wäre. Bei einer Anbohrung von 4 Fuß unter dem Kopfe würde in gleicher Zeit ein Strahl von 16 F. 5 Z. $\frac{6}{10}$ Lin. und bei 9 Fuß unter dem Kopfe ein Strahl von 25 Fuß 7 Zoll $3\frac{8}{10}$ Linien Länge ausströmen. Hält nun die eingebohrte Seitenöffnung eine Weite (quere Durchschnittsfläche) von 2 Quadratzollen, so wäre die Ausgußmenge:

Fuß unter dem Kopfe.	In 1 Secunde.		In 1 Minute.	
	Cub. Fuß.	Cub. Zoll.	Cub. Fuß.	Cub. Zoll.
1 = = =	164	$\frac{92}{100}$	9	895
4 = = =	329	$\frac{84}{100}$	19	790
9 = = =	494	$\frac{76}{100}$	29	695.

Wir geben dieses Beispiel, um anschaulich zu machen, in welchem Verhältnisse die Ausgußmenge größer wird, wenn man den Ausguß selbst tiefer legt; — ein Umstand, welcher in der Ausübung seine Anwendung findet. Die Berechnung der Ausgußgeschwindigkeit kann übrigens nach der Formel $c = 2\sqrt{gh}$ Jeder selbst machen, wobei c die gesuchte Geschwindigkeit, g die Fallhöhe schwerer Körper in einer Secunde = 17 Fuß würtemb. und h die Tiefe des Ausgußes unter dem Wasserspiegel in der Röhre bedeutet. Die hiernach berechnete Geschwindigkeit, multiplicirt mit dem Querdurchschnitte der Ausgußöffnung, gibt das Wasserquantum. Bei genau hydraulischer Berechnung würden sich freilich für Adhäsion und Contraction u. s. w. noch Verminderungen ergeben, aber wir übergehen dieß, weil sie für den vorliegenden Zweck zu unbedeutend sind.

fernt liegen 2 bis 3 Tage, ehe sie sich mit Wasser füllen, so daß gewöhnlich das Wasser in den Kellern noch zunimmt, während es im Flusse schon wieder abgenommen hat. Wenn nach lange angehaltener trockener Witterung starkes und dauerndes Regenwetter eintritt, so vergehen 3 bis 4 Wochen, ehe man am Kirchbrunnen, dessen Ausguß etwa ½ Stunde vom Gebirge entfernt liegt, nur eine kleine Zunahme des Wassers gewahr wird. Diese Wahrnehmung, daß nach eingetretenem Regen das Wasser der Quellen sich vermehrt, kann man mehr oder weniger bei allen Quellen, jedoch in sehr verschiedenem Maßstabe machen, und zwar an den künstlichen oder gebohrten Brunnen, wie an den natürlichen. Je klüftiger das Gebirg ist und je näher die Quelle am Fuße des Berges zu Tag austritt, desto eher und stärker wird die Zunahme des ausfließenden Wassers erfolgen, oft so schnell, daß das Wasser nicht mehr Zeit findet, vor dem Austritte seinen Schlamm abzusetzen und noch unrein zum Vorschein kommt. Letzteres ist häufig der Fall bei Quellen in den Kalkgebirgen, im Muschelkalke sowohl als im Jura; in Letzterem jedoch häufiger. Beispiele hiervon kann man in größerem Maßstabe an dem Ursprunge des Kochers bei Aalen, der Brenz bei Königsbronn, der Blaue bei Blaubeuren u. a. m. beobachten. Im Keupergebirge dagegen streichen die Wasser langsamer, sie finden mehr Hindernisse im Durchgang, sie sind daher beständiger, laufen selten oder niemals trübe, werden nie viel größer, versiegen aber auch nicht; denn wenn auch die Regenzeit lange ausbleibt, so stellt sie sich doch jedesmal wieder ein, und Quellen, welche einen langen und tiefen Gang haben, was man aus ihrer Gleichförmigkeit erkennt, erhalten immer wieder Zufluß, ehe der alte Vorrath ganz erschöpft ist. Nur hochgehende Quellen, welche vor ihrem Austritte zu Tag nicht zuvor in die Tiefe gehen, und mehr oberflächlich daher streichen, versiegen bei anhaltend trockener Witterung, und die ganz oberflächlichen (sogenannten Hungerbrunnen) laufen nur bei anhaltend nasser Witterung.

Es läßt sich im Allgemeinen folgern, daß Thäler und Ebenen, besonders wenn solche von Bergen — als den eigentlichen Wassererzeugungsstätten — nahe oder auch in größerer Ferne umgeben sind, sich zur Anlegung von Bohrbrunnen am meisten eignen, und häufig ein sehr erwünschtes Resultat, nämlich Springwasser hoffen lassen. Weniger ist dieß der Fall in sehr flachen Gegenden und auf Anhöhen, am wenigsten auf Bergen; denn wenn sich überhaupt in einem Terrain Springquellen in der Tiefe vorfinden, so werden sie an der am tiefsten gelegenen Stelle am höchsten über die Erde steigen. Soll nun einmal in einem Terraine ein Bohrversuch auf Springquellen gemacht werden, so wird man, wenn es anders die Verhältnisse erlauben, immerhin die tiefere Stelle als die geeignetere auslesen, und ein solcher Normalversuch kann als ziemlich sicherer Maßstab für anderweitige Versuche in einer und derselben Gegend dienen, weil man alsdann nach bekanntem Resultate in den Stand gesetzt ist, durch ein einfaches Nivellement fast zuverlässig zu bestimmen, wie hoch das Wasser auf einem höher oder tiefer gelegenen Punkte der Umgegend steigen wird; denn die Erfahrung hat gezeigt, daß der Wasserspiegel der gelösten Bohrquellen in ein und

demselben Terraine fast durchgängig in einer Horizontebene liegt. Da sich nun die Wasserschichten, welche von Einem ursprünglichen Sammelplatze ihre Nahrung erhalten, unterirdisch oft Meilen weit hin erstrecken, so ist der Grund der horizontalen Niveauäußerung leicht einzusehen, und das eben Gesagte kann in manchen Fällen auf mehre Quadratmeilen auszudehnen sein. Ehe man einen Bohrbrunnen anlegt, erforsche man zuvörderst die Gebirgsformation und hole die oberflächliche Terrainskunde durch schon gegrabene Brunnen ein. Flötzformationen, überhaupt Thonterrains, sind allen andern vorzuziehen; denn der Thon ist es hauptsächlich, welcher die Wasser zurückhält. Bohrversuche auf Springquellen können auch auf Anhöhen, wenn solche von noch höhern Bergen umgeben sind, gelingen; bei Untersuchung einer solchen Anhöhe aber muß man hauptsächlich zu erforschen suchen, ob solche früher durch die Natur keine Wasserdurchbrüche erlitten hat, ob sich nämlich aus dem Abhange oder Fuße derselben keine Quellwasser stürzen, ob sich also keine nachtheiligen Gebirgsverklüftungen vermuthen lassen u. s. w. Meistens sind Thäler, deren nächste Anhöhen etwa aus Muschel- oder Jurakalk bestehen, mit Thonmergel- oder Thonschichten bedeckt und begünstigen also die Anlegung von Bohrbrunnen sehr. Das Quellwasser findet sich, wie schon bemerkt, hauptsächlich unter Thon, im Allgemeinen am häufigsten zwischen den Auflagerungsflächen heterogener Gebirgsmassen.

Die Anziehung welche die Berge gegen die Wolkenmassen ausüben, so wie besonders auch die Niederschläge des atmosphärischen Wassers, welche durch die niedere Temperatur der Bergspitzen fortwährend bewirkt werden, mögen der Grund sein, warum in den Bergen die Quellen häufiger sind als in den Thälern. Auch mag die Beschaffenheit des Bodens in den Bergen in dieser Beziehung von großem Einflusse sein; während nämlich in dem aufgeschwemmten Lande das Wasser sich allseitig ausbreitet, und so fein vertheilt auch schnell wieder verdunstet, muß es sich in den ohnehin schattigen und kühlen Bergen zwischen den Felsen zu größeren Massen ansammeln, durchrinnt loses Gestein, ohne von diesem selbst eingesogen zu werden, und sammelt sich über festen und undurchdringlichen Felsenschichten. Bemerkenswerth ist der Einfluß der Wälder auf die Quellen. Durch die Wälder wird nämlich die schnelle Verdunstung des niedergefallenen Wassers verhindert, und man hat demgemäß gefunden, daß in manchen Gegenden durch die Ausrottung der Wälder die Quellen geschwächt und vermindert worden sind.*)

*) Nach Garnier schrieb man der Zerstörung der Wälder während der Zeit der franz. Revolution in einigen franz. Provinzen die Verminderung der Gewässer zu. Ein merkwürdiges und genau untersuchtes hierher gehöriges Beispiel führt Bruckmann an. Der Kirchbrunnen zu Heilbronn, welcher in 7 Röhren, je von 1½ Zoll Durchmesser, beiläufig 3 Fuß hoch über dem Wasserspiegel des Neckar ausgießt, entspringt mitten in der Stadt in mehren einzelnen Quellen, welche durch gemauerte Kanäle zusammenge-

Folgende Bemerkungen von **Waldauf von Waldenstein** über das Vorkommen der Quellen in den verschiedenen Gebirgsformationen, sind von Interesse und Wichtigkeit, namentlich auch zur Beurtheilung des Terrains in verschiedenen Gegenden in Bezug auf die zu erwartenden Quellen und deren Beschaffenheit.

Quellen in den Urgebirgen. In den ältesten Formationen der Urgebirge geht die Infiltration nur sehr schwer vor sich, und oft ist sie bei homogenem, dichtem und unverändertem Gestein ganz unmöglich; demungeachtet findet man auch in diesen Terrains häufig Quellen, nur sind sie gewöhnlich nicht sehr wasserreich. Wenn die Gesteinmassen so dicht und fest sind, daß Regen und Schneewasser nicht in dieselben eindringen kann, so verbreitet es sich nur auf der Oberfläche der Gebirge, und dieß ist am häufigsten der Fall. Liegen aber mehre ver-

---

führt sind, aus Keuper-Mergel. Sein Wasser hat beständig eine Temperatur von 9° R. und zeichnet sich vor allen andern Wassern in der dortigen Gegend dadurch aus, daß es nur Spuren von Gyps enthält, mit welchem alle andern Brunnenwasser daselbst geschwängert sind. Ungefähr eine halbe Stunde an dem Ausguße dieser Quelle erhebt sich das die Stadt gegen Osten in einem Halbkreise umgebende Keupergebirge, dessen Kuppe durchaus aus Sandstein besteht, welcher auf buntem Mergel aufgelagert ist. Auf der nördlichen Hälfte dieses Halbkreises kommen bedeutende Gypsstücke vor, welche aber auf der südlichen Hälfte fehlen. Auf letzterer, nämlich der südlichen Seite, liegt die Gebirgsschlucht (im Köpfer genannt), von welcher nach alter Sage die Kirchbrunnen-Quelle ihren Ursprung haben soll, welche Sage die geognostische Beschaffenheit der Gegend schon zu rechtfertigen scheint. Eine vor Kurzem angestellte Untersuchung der Wasser, die dort schwache Quellen ausgießen, hat gezeigt, daß dieselben von Gyps wohl noch freier sind als das Kirchbrunnenwasser, und eine in dieser Linie ausfließende Quelle im Stadtgraben liefert das nämliche Wasser, und es wird durch diese Umstände mehr als wahrscheinlich, daß man die Entstehung der Kirchbrunnen-Quelle in dem genannten Theile des Gebirges zu suchen hat. Folgende Thatsache spricht nicht nur deutlich hierfür, sondern auch besonders dafür, daß durch reichen Waldwuchs die Quellen genährt werden. Es sind nämlich die Kuppen der genannten Berge durchaus mit Laubholz bewachsen, und werden alljährlich so abgeholzt, daß der Turnus in 20 Jahren umläuft. **Bruckmann** hat nun seit etwa 30 Jahren schon zum zweitenmale beobachtet, daß die Ausgußmenge des Kirchbrunnens sich vermindert, wenn der Holzschlag dem Köpfer nahe kommt, und sich allmählig wieder vermehrt, so wie das Buschwerk in diesem Waldtheile wieder heranwächst. Im Jahre 1831 als der Holzschlag im Köpfer selbst war, lief der Kirchbrunnen so schwach, daß einige Röhren, deren zu andern Zeiten alle 7 voll liefen, nur träufelten, es entstand bei der Bürgerschaft große Besorgniß, diese Quelle ganz zu verlieren, und es wurden über die Ursachen dieses Nachlasses allerlei Vermuthungen geschöpft. Wie das Buschwerk im Köpfer hat jedoch auch die Quelle wieder zugenommen, und die Besorgnisse sind verschwunden.

schiedene Formationen über einander, wie z. B. Gneis, Thonschiefer, Eurit, Diabas, Quarz, Urkalkstein u. s. w., so nimmt die Zahl der Quellen zu, weil die Wasser durch die Auflagerungsklüfte, durch die häufig vorkommenden drusigen Gänge und durch andere Zerklüftungen einsickern, mit welchen letzteren die Gebirge nach allen Richtungen, und selbst bis in eine große Tiefe durchzogen sind. Die Höhlen und natürlichen Kessel (Abzüge) sind in den Urgebirgen sehr selten, wo man sie aber findet, steht ihre Decke gewöhnlich mit einer Auflagerungskluft zweier verschiedenen Gesteine in Verbindung, durch welche die Wasser eindringen, und an den Gebirgsabhängen oder in den Thalgründen Quellen bilden. Die Beschaffenheit der in den Urgebirgen vorkommenden Wasser, ist nach den Terrains, aus welchen sie kommen, verschieden. Gewöhnlich aber sind sie gut und gesund. In den Granitgebirgen sind die Quellen meistens arm an Wasser, aber zahlreich. Wo aber mehre Urgebirgsarten auf einander gelagert sind, werden mit dem Bergbau häufig reine und wasserreiche Quellen erschrottet. Dringen diese durch Erzgänge ein, so lösen sie oft Schwefel, Metalle, z. B. Schwefeleisen und Schwefelkupfer, oder überhaupt verschiedene metallische und erdige Salze auf. Im Urkalke sind die Quellen mehr oder weniger häufig. Auch giebt es in diesem Gesteine manchmal mit Wasser gefüllte Höhlen und Drusen. Die in den Urgebirgen vorkommenden warmen Quellen enthalten Gase, Schwefel oder Salze; solche warme Quellen finden sich selbst oft auf sehr hochliegenden Bergebenen von Granitgebirgen. Die Temperatur des warmen Wassers ist eben so verschieden, wie ihre Bestandtheile, man findet sie im Granit von 25 bis 100° C. (s. d. Folg.). Die im Gneise, im Thonschiefer und in den übrigen Urgebirgsarten vorkommenden heißen Quellen zeigen eben diese Verschiedenheit. Oft ist es schwer zu bestimmen, aus welcher Gebirgsart diese oder jene Quelle entspringt, wie z. B. wenn auf dem Granite mehre andere Gebirgsarten gelagert sind, welche sie vielleicht nur durchsetzt. Dasselbe gilt auch von den Quellen in allen jüngern Terrains.

Quellen im Uebergangsgebirge. Wo Uebergangsgebirgsarten auf Urgebirgsgestein liegen, gibt es häufige Infiltrationen, die in die dichten Massen des letzteren nicht eindringen können, und daher unterirdisch den Flächen unter den Uebergangs-Terrains folgen. Beispiele dieser Art sind in allen hohen Gebirgen zahlreich. Die Infiltration geschieht gewöhnlich auf den höchsten Punkten der Gebirgsketten, und die Wasser breiten sich auf Distanzen und bis zu Tiefen aus, deren Grenzen zu bestimmen unmöglich ist. Bleiben sie aber nahe an der Oberfläche des Bodens, so sind solche Wasser gemeinlich von guter Beschaffenheit. Im Allgemeinen dringen die Wasser in den Uebergangsgebirgen tiefer ein als in den Urgebirgen; ihre Natur ist äußerst verschieden, und die heißen und kalten Mineralquellen sind in den Uebergangs-Terrains am häufigsten. Oft finden sich in der Scheidung zweier Uebergangs-Formationen Wasser von verschiedener Natur; so kommen sehr häufig kalte und warme oder heiße Mineralwasser mit einander vor. Im Allgemeinen sind süße Quellen in den Uebergangs-Terrains häufig, aber in den Schiefergesteinen nicht so wasserreich, als im geschichteten Kalke, und

besonders in jenem, welcher Höhlen und Höhlenzüge enthält. Solche Höhlen verschließen manchmal mehr oder weniger große Wassermassen, zuweilen aber enthalten sie den ganzen Sommer hindurch große Quantitäten von Eis. Am Fuße solcher Kalkgebirge, worin sich Eishöhlen befinden, sind immer starke Quellen, und im Allgemeinen ist es immer vorzüglich der Kalkstein, aus welchem die reichhaltigsten und springenden Quellen hervorkommen. Auch der Uebergangsgyps enthält sehr große, mit Wasser angefüllte Höhlen, die an der Oberfläche des Bodens keine Oeffnung haben. Man schreibt die Bildung derselben der Auflösung einer Salzmasse zu, die früher der Gyps umschloß. Die in den Uebergangs-Terrains häufig vorkommenden heißen Quellen gehören wahrscheinlich denselben nicht an, sondern kommen aus dem Urgebirgsgestein, das jene bedecken.

Quellen in den Flötzgebirgen. Die in mächtigen Schichten abgelagerten großen Massen von älterem Flötz- und Jurakalke enthalten zwar nicht so zahlreiche Quellen, als die Ur- und Uebergangs-Terrains, aber sie sind dagegen viel wasserreicher und in ihrer Natur, ihrer Beschaffenheit und Temperatur sehr verschieden. Uebrigens kommen auch in den Flötzgebirgen sehr viele Höhlen vor, in welchen man Wassermassen, unterirdische Seen, Bäche und Eis findet. Die Gebirgsebenen, die Gipfel und die obern Thäler der Flötzgebirge, zeigen eine große Menge Kessel oder Trichter, durch welche sich die Wasser von der Oberfläche in die Höhlen stürzen. Man findet sie sowohl am Fuße als in den höchsten Punkten der Gebirge. Die horizontalen Schlünde liegen aber meistens mehr gegen die Mitte der Gehänge hin, während die verticalen fast immer auf den Plateaus oder auf den Gipfeln vorkommen. Manchmal sind im Gypse solche Höhlen mit Steinsalz angefüllt, welches durch einströmende Wasser aufgelöst wird, und wodurch Soolquellen entstehen. Aus dem thonigen Kalke (Purbeck Kalkstein), dann aus dem Bergkalke, aus der Rauhwacke u. s. w. entspringen eben so zahlreiche als reichhaltige Quellen, die nach ihrem Aufsteigen zu urtheilen, wenn sie durch ein Bohrloch gelöst werden, aus sehr hoch liegenden Reservoirs zu kommen scheinen. Wenn der kreidenartige Kalk in großen Tiefen vorkommt, und von jüngern Formationen bedeckt wird, ist er dicht, und enthält beträchtliche Wasserquantitäten, die aus den Gebirgen hervor kommen, deren Fuß er bedeckt. Zeigt sich dieser Kalk an der Oberfläche des Bodens, oder steht er in geringer Tiefe an, so ist er gewöhnlich beinahe durch die ganze Masse sehr zerklüftet, und dann findet man die Wasser meistens nur in sehr großer Tiefe. Sie liegen nämlich unter den großen Kreidemassen und dem darunter gelagerten Thone des thonigen Kalkes, und man sieht sie im Kreideboden oft aus den Thalsohlen hervorbrechen. Es müssen daher vorzüglich unter diesen Kreidemassen die Sprinquellen mittelst des Bergbohrers gesucht werden, wenn das Gestein zu Tage ausgeht, oder in geringer Tiefe liegt. Ist aber die Kreide mit jüngeren Formationen bedeckt, oder liegt sie in einer gewissen Tiefe, so darf man auch in ihrem oberen Theile Wasser zu erschrotten hoffen. Die Flötz-Terrains sind im Allgemeinen sehr reich an warmen und kalten Gas- und Salz-

Mineralquellen. Diese finden sich besonders in den ältesten Flötzgebirgen, nämlich im dichten Kalk, im Ammoniten-, Trochyten-, Enkriniten-Kalk. In der Kreideformation kennt man aber bis jetzt keine. Uebrigens ist es so, wie bei den Uebergangs-Terrains, auch hier schwer zu entscheiden, aus welcher Formation diese Mineralwasser eigentlich kommen, denn wenn sie auch aus den ältesten Flötzkalken hervortreten, so kann ihr wahrer Sitz doch in älteren Formationen sein. Diese Quellen haben sehr häufig das Eigenthümliche, daß sie mit süßen Wassern aus der Erde kommen, und beisammen an einer und derselben Stelle, oder in geringer Entfernung von einander entspringen, ob wohl ganz gewiß ihr eigentlicher Ursprung an verschiedenen Stellen liegt. Man kann diese Beobachtungen an vielen salzführenden und warmen Quellen machen, und es wird oft äußerst schwer, diese verschiedenen Quellen von einander zu kennen und ihre Vermengung zu finden. An manchen Orten scheinen die süßen Wasser aus der Tiefe zu kommen, und gleichsam die Mineralwasser zu durchsetzen, in anderen Fällen bemerkt man die entgegengesetzte Erscheinung. So sieht man z. B. manchmal süße Wasser in Gyps- und Salz-Terrains hervortreten, wie zu Wieliczka in Polen und an mehren andern Orten. — In den tertiären Terrains geht die Infiltration noch leichter vor sich, als in allen älteren Formationen, und sie sind daher auch der Entstehung der Quellen viel günstiger. Der plastische Thon und der ihm zugehörige Sand, der Grobkalk, der kieselige, kalkige, grüne Sand, welcher den Thon vom Grobkalke trennt, der spathige und kieselige Kalkstein, der Gyps und sein unterer Mergel, die großen Mergel- und Thon-Ablagerungen, der quarzige Sand und dessen Sandsteinmassen, endlich die Mühlsteine und ihr Thon, alle diese Formationen erhalten zwischen ihren Auflagerungsflächen nach den Höhen, in welchen sie vorkommen, und nach ihren verschiedenen örtlichen Beschaffenheiten mehr oder weniger große Wassermassen, die hinsichtlich ihrer Eigenschaften und der Substanzen, die sie aufgelöst enthalten, eine constante Uebereinstimmung mit einander zeigen. Die gewöhnlichen Salze, die man nach den verschiedenen Formationen (in welchen die Wasser vorhanden sind) darin findet, sind kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk, schwefelsaure Bittererde, schwefelsaures und kohlensaures Eisen, und manchmal enthalten sie auch geschwefeltes Wasserstoffgas. Allein, alle diese Bestandtheile finden sich in so kleinen Antheilen, daß diese Wasser die Seife vollkommen auflösen, und daß sich Gemüse sehr leicht darin kochen. Die zwischen dem Thone und der Kreide befindlichen Wasser sind sehr rein, und man entdeckt mittelst der Reagentien nur sehr leichte Spuren von erdigen Salzen darin. Die in den Schwefelkies führenden Flötzen, oder in Lignit und Thonflötzen eingeschloßenen Wasser, enthalten schwefelsauren Kalk, — Eisen, — Bittererde, — Thonerde, salzsaures Natron u. s. w. Manchmal entwickelt sich aus diesen Wassern, wo sie zu Tage austreten, Schwefel- und Wasserstoffgas; hat sich dieses aber einmal entbunden, so werden die Wasser durch die Berührung mit der atmosphärischen Luft sehr gut. Die im grünen, chloritischen Sande des Grob-Kalkes befindlichen Wasser sind von derselben guten Beschaffenheit wie in der Kreide. Die im

Gypse vorkommenden aber enthalten immer Selenit oder schwefelsauren Kalk (späthigen Gyps), lösen die Seife nicht auf und auch Zugemüse lassen sich nicht darin kochen, und eben so verhalten sich auch die Wasser in den großen Thonmassen, die auf dem Gypse liegen. Die Wasser im Süßwasser-Kalke sind von verschiedener Beschaffenheit, nach den Mergel- und Stinkstein-Flötzen, in welchen sie sich befinden. Fehlen diese Flötze der Formation ganz, so sind die Wasser rein und süß. Kommen aber die Stinkmergel häufig darin vor, so werden die Wasser schweflig. Die in dem thonigen Lehm der Mühlsteine befindlichen Wasser dagegen sind sehr gut und beinahe ganz rein, wenn nur der Boden, in dem sie einsickern, nicht schlammig ist. Die Eigenschaft, über die Oberfläche der Erde empor zu steigen und Springquellen zu bilden, haben besonders jene Wasser, welche in der Kreide und im Thone, im Grünsande und im Grobkalke, dann in den diesen bedeckenden Mergeln vorkommen. Allein dazu ist noch erforderlich, daß der Boden nicht mit tiefen Thälern durchschnitten ist, wodurch an den Abhängen der Hügel verschiedene Formationen entblößt und das Abfließen der Wasser erleichtert wird, oder daß die oben angegebenen Formationen tief liegen und von jüngern bedeckt werden. Im Allgemeinen haben die Wasser aller dieser Terrains die mittlere Temperatur des Ortes, wo sie entspringen, und sind im Vergleiche mit den heißen Quellen kalt. Jedoch findet man in 30 bis 40 und 50 Klafter Tiefe eine constante Temperatur von 12, 13 und 14° C. (S. d. Folg.). — Quellen im aufgeschwemmten Lande. So wie die vorigen Terrains, enthält auch das aufgeschwemmte Land sehr viele süße Wasser. Am sparsamsten kommen sie jedoch (aus schon früher angegebenen Ursachen) in Ablagerungen von Sand und Gerölle vor, wenn dieselben nicht von Thon oder sandigen Thonschichten durchsetzt werden. Wo dieß nicht der Fall ist, dringen die Wasser in diesen Ablagerungen ein, verbreiten sich im Sande und werden nun durch die mergligen oder tuffartigen Thonschichten zurückgehalten, wo sie sich in Massen sammeln, die man durch Anlegung artesischer Brunnen sucht. Am häufigsten finden sich die Quellen in den Auflagerungsflächen dieser Terrains auf einer älteren Formation. Die Ablagerungen der aufgeschwemmten Terrains sind oft von großer Mächtigkeit und ohne allen Zusammenhang oder Consistenz durch die ganze Masse. Sie bilden manchmal Schlünde und Kessel, in welchen Bäche und Flüsse versiegen, sich dann tiefer unten ausbreiten, bis sie Auswege finden, um neue Bäche oder Flüsse zu bilden. Zuweilen zeigen sich in angeschwemmten Terrains auch natürliche Spingquellen, deren Wasser ungezweifelt aus höheren Gegenden und sehr wahrscheinlich aus Flötz- oder Urformationen kommen. — Quellen in vulkanischen Terrains. In den oberen Theilen der vulkanischen Terrains finden sich sehr wenige Quellen, jedoch gibt es manchmal Seen und Wasserflächen auf den Plateaus und in den vormaligen Kratern von Vulkanen, oder in von Lavaströmen verdämmten Thälern. Außerdem haben die vulkanischen Berge zuweilen Höhlen in ihrem Innern, die unterirdische Wasserbehälter oder Seen einschließen, wie manche natürliche Springquellen, und dann die Ausbrüche von manchmal heißen

und salzigen Wasserströmen und Schlammauswürfe der Vulkane bei Eruptionen beweisen. In den Trachyt-Terrains und in den Massen von vulkanischen Auswürflingen, kommen viele Mineralwasser und warme Quellen vor, die hinsichtlich ihrer Temperatur und der ihnen beigemengten Substanzen ganz dieselbe Beschaffenheit haben, wie die Wasser in den Urgebirgen, aus welchen wahrscheinlich der größte Theil derselben entspringt. Diese Wasser sind mehr oder weniger mit Schwefel-Wasserstoffgas, Kohlensäure, kohlen- und salzsaurer Soda, kohlensaurem Kalk, Kieselerde u. s. w. überladen. Auch an den Meeresküsten findet man an vielen Orten Quellen von süßem Wasser, die bei der Ebbe bemerkbar werden, und dann mit mehr oder weniger Heftigkeit und Reichhaltigkeit fließen. Selbst mitten im Meere entspringen manchmal Quellen von süßem Wasser, die sich bei ruhiger See bemerkbar machen. (S. oben.) Alle diese Quellen an den Küsten und auf Inseln, wenn sie von selbst springen, können nur aus höher liegenden Wasserbehältern auf dem festen Lande kommen, mit welchen sie mittels heberförmiger, unterirdischer Röhre oder Canäle in Verbindung stehen. Die Keuperformation ist nach Bruckmanns Erfahrung im Allgemeinen der Anlegung von Bohrbrunnen ungemein günstig, und man darf mit großer Wahrscheinlichkeit auf das Gelingen der letztern rechnen, wenn man in ihr operirt. Sie enthält zwischen ihren verschiedenen Auflagerungsflächen, besonders in dem bunten thonigen Keupermergel, (zum Theil dunkelrothen eisenschüssigen Mergel), oft in nicht beträchtlichen Tiefen, Wasserschichten von meist großer Ausbeute und Steighöhe. Die Wasserschichte der Bohrbrunnen in Heilbronn wurde unter Keupermergel erschrottet, bei dem Uebergange des Keupers in geschichteten und klüftigen Muschelkalk u. s. w.

Sowohl bei den gebohrten als bei den gegrabenen Brunnen kommt es häufig vor, daß sich das aufgefundene Wasser emporhebt, zuweilen bis über die Oberfläche der Erde. Da dieses namentlich auch bei den in Artois gebohrten Brunnen der Fall ist, so hat man auch wohl nur vorzugsweise diejenigen Bohrbrunnen artesische genannt, bei denen eine solche Erhebung des Wassers stattfindet. Der Grund dieses Aufsteigens ist in den örtlichen Verhältnissen zu suchen, wie sie oben angezeigt worden.

Die Anlegung der artesischen Brunnen ist in neuerer Zeit erst zu einer solchen Vollkommenheit gediehen, daß man auch in minder günstigen Terrains Bohrbrunnen anlegen kann, indem bis zu der nöthigen Tiefe gebohrt wird. Es wird zuerst ein Schacht angelegt, welcher durch das obere lockere Erdreich geht, um die Operation mit größerer Leichtigkeit ausführen zu können. Wenn man einen gewöhnlichen Brunnen zu Bohrversuchen benutzt, so ist die Anlegung des Schachtes überflüssig. In diesem Schachte wird ein passendes Gerüst aufgeschlagen, um den Bohrer einzutreiben. Je nach der Beschaffenheit des Gesteines, durch welches man gehen muß, hat man verschiedene Bohrer. Der gewöhnlichste Bergbohrer hat die Form eines starken Meisels, und die Art wie er in Anwendung gebracht wird, ist, daß man ihn mit dem Bohrge-

stange mit Gewalt herabfallen läßt, und zugleich in eine drehende Bewegung setzt. Außerdem hat man noch mehre Gerätschaften bereit zu halten, welche in besonderen Fällen zur Anwendung kommen, die aber hier nicht näher beschrieben werden können.*) So lange man nur durch harte Erdschichten oder durch festes Gestein bohrt, bleiben die Wandungen des Bohrloches von selbst sicher stehen. In lockerem Gestein und Erdreich fallen aber von der Seite Stücken nach, deren Fortschaffung oft sehr schwierig ist, wenn sie beim Weiterbohren über den Bohrer fallen, und die oft das Bohrloch gänzlich wieder verstopfen würden. In diesem Falle müssen in das Bohrloch Röhren eingesenkt werden, welche das Nachstürzen verhindern.

Die alleraltesten Bohrbrunnen gibt es vielleicht in China. Dieses wunderbare Land ist an Bohrbrunnen sehr reich, und es wird von demselben so vieles fast unglaubliches erzählt, daß man nur bedauern muß, daß wir bis jetzt noch keine wissenschaftlich strengere, von einem Naturkundigen angestellte Beobachtungen über dieselben haben. Ein Missionär Imbert hat uns genauere, aber oft ans Fabelhafte grenzende Nachrichten über diese Brunnen gegeben. Auf einem Raume von etwa 40 bis 50 franz. Quadratmeilen sollen sich im Bezirke von Ou-Tong-Kiao einige Zehntausend solcher Brunnen befinden, welche 15 bis 1800 franz. Fuß Tiefe, und 5 bis 6 Zoll Durchmesser haben. Da diese Löcher mit einer Art Stahlkeule eingetrieben werden, so vergehen wenigstens 3 Jahre, ehe ein solches zu Stande kommt. Alle diese Brunnen sind zur Auffindung von Salzwasser angelegt, welches mittelst Pumpen herausgefördert wird. Aus allen entwickelt sich brennbare Luft (Wasserstoffgas), und einige geben keine Soole, sondern nur brennbare Luft. Sie werden Feuerbrunnen genannt. Auf die Oeffnung derselben setzt man ein Bambusrohr, und zündet die aus diesem strömende Luft an, welche ununterbrochen in einer 3 bis 4 Zoll hohen, 1 Zoll dicken bläulichen Flamme brennt. Bei der Bohrung der Salzbrunnen findet man in der Regel in der Tiefe von 1000 Fuß ein harziges Oel, das im Wasser brennt.**) In einem Thale sollen sich be-

---

*) Das Bohren der artesischen Brunnen näher zu beschreiben, ist Gegenstand der Technik. Man kann sich über dasselbe ausführlich belehren durch Bruckmanns „Vollständige Anleitung zur Anlage u. s. w. der artesischen Brunnen. Heilbronn 1833." Ein in günstigen Fällen hinreichender Bohr-Apparat besteht nach Bruckmann in folgenden Instrumenten: 2 kleine Meiselbohrer, jeder zu 4 Zoll Durchmesser; 1 kleiner Kreuzbohrer; 1 Bohrbüchse; 1 Schmandlöffel; 1 einfacher Krätzer; 1 Fangscheere; 1 großer Wirbel; 1 kleiner Wirbel; 1 Abfangscheere; 2 Bohrschlüssel; 11 Bohrstangen, jede zu 15 Fuß Länge; 1 Meiselstange, $13\frac{1}{2}$ Fuß lang; 3 Aufsatzstückchen von 2 Fuß, 4 Fuß und 6 Fuß Länge; 1 Bohrkrücke, $2\frac{2}{3}$ Fuß lang.

**) Das übelriechende Oel wird zur Beleuchtung der Hallen und Werkstätten

sonders 4 Feuerbrunnen auszeichnen. Sie lieferten früher auch Soole, welches jetzt nicht mehr der Fall ist. Als man vor einigen Jahren einen dieser Brunnen bis auf 3000 Fuß Tiefe weiter bohrte, um neue Salzsoole zu finden, drang plötzlich eine ungeheuere Luftsäule empor, welche sich in zahllose schwärzliche Theilchen auflöste, gleich dem Dunste eines glühenden Ofens.*) Auch in Afrika soll es Bohrbrunnen geben, welche Soole liefern.

---

bei den Salinen benutzt. Die Mandarinen kaufen es um Felsen unter dem Wasser zu calciniren (?). Wenn ein Schiff Schiffbruch gelitten hat, so taucht man einen Stein in dieses Oel, zündet es an, und wirft den Stein ins Wasser. Nun sucht ein Taucher das Kostbarste was auf dem Fahrzeuge war.

*) Ueber dem Bohrloche des Brunnens ist eine Einfassung von einem behauenen Steine, der 6 bis 7 Fuß Höhe hat, damit nicht jemand das ausströmende Gas anzünde, welches Unglück sich 1827 wirklich ereignete. Der Brunnen befindet sich in der Mitte eines geräumigen Hofes, und 4 großer Hallen oder Werkstätten, in denen sich die Pfannen befinden, um die Soole einzusieden. Als die Entzündung an der Mündung des Brunnens vor sich ging, fand eine fürchterliche Explosion statt, welche von einer starken Erderschütterung begleitet war, in demselben Augenblicke stand die ganze Hofesfläche in Feuer. Die Flamme war etwa 2 Fuß hoch und bedeckte die ganze Fläche des Bodens. Vier Männer opferten sich, und trugen einen ungeheuren Stein auf die Mündung des Brunnens; er flog sogleich in die Luft. Drei Männer verbrannten, und einer entkam. Weder Wasser noch Kalk konnte das Feuer löschen. Endlich schaffte man nach 14 Tagen unausgesetzter Arbeit Wasser in großer Menge auf einen benachbarten Berg, bildete einen großen Behälter, dessen Wasser man plötzlich losließ; es löschte das Feuer sogleich aus. — An den 4 Seiten dieses Brunnens sind 1 Fuß hoch über der Erde vier außerordentlich große Bambusröhren, welche die Luft unter die Siedepfannen leiten. Dieser einzige Brunnen bringt über 300 Pfannen zum Sieden, wovon jede unter ihrer Mitte eine Bambusröhre hat, welche die Feuerluft leitet und sich in eine Röhre von gebranntem Thone endigt, die einen Zoll große Löcher hat. Die Straßen, Hallen und Werkstätten werden mittelst Bambusröhren von der brennbaren Luft erhellt, und da man nicht alles Gas, welches aus diesen Brunnen strömt, ganz verwenden kann, so wird der Ueberschuß über die Umgebung der Saline durch eine Röhre hinaus geleitet, an deren Mündung es noch große Feuergarben bildet, die in einer Höhe von 2 Fuß dahinflackern. Die Bodenfläche des Hofes ist außerordentlich heiß; sie brennt unter den Füßen. Selbst im Winter gehen die Arbeiter halb nackt. Dieses Feuer ist außerordentlich wirksam. Die gegossenen und mehre Zoll dicken Pfannen werden in wenigen Monaten calcinirt. Es erzeugt keinen Rauch, aber einen starken Harzgeruch, den man über 2 franz. Meilen weit riecht. Die Flamme ist röthlich, sie bleibt an der Mündung der Röhre nicht fest, sondern hüpft ungefähr 2 Zoll über derselben. Im Winter gra-

Der erste, durch den die Bohrbrunnen bekannter wurden, war Cassini. Er erzählte von Bohrbrunnen in Niederöstreich am Fuße des steiermärkischen Gebirges, so wie von den Bohrbrunnen zu Modena und Bologna. An einigen Orten im Gebiete dieser Städte, sagt er, gräbt man um springendes Wasser, ja sogar die tiefsten Brunnen zu erhalten, die Erde so tief auf, bis sie von der Gewalt des Wassers, welches fließt und von unten drückt, angeschwollen zu sein scheint. Nun erbaut man eine doppelte Schachtmauer, und fährt dann fort in der Richtung derselben weiter zu bohren, bis zu dem Augenblicke, wo man die Quelle anbohrt. Mittelst eines langen Bohrers wird endlich die Wasserdecke durchstoßen. Zieht man nun den Bohrer heraus, so strömt das Wasser mit Heftigkeit hervor, füllt den Schacht ganz aus und bewässert, da es ununterbrochen strömt, alle benachbarten Felder. Cassini hat auch selbst im Fort Urban einen Bohrbrunnen angelegt, dessen Wasser 15 F. über die Erdoberfläche sprang.

In Frankreich wurde, wie schon gesagt, die Kunst des Brunenbohrens zuerst allgemeiner verbreitet und zuerst vervollkommnet. Seitdem hat sie sich auch in Deutschland, England und Nordamerika ausgebreitet. In England sind die Bohrbrunnen besonders häufig, wozu vorzüglich der Umstand Veranlassung gab, daß die früher gebräuchlichen Brunnen ein sehr schlechtes, durch verschiedene Substanzen verunreinigtes Wasser gaben, während man aus den Bohrbrunnen das schönste Wasser gewinnt. Es gibt zu London eigene Bohrbrunnenmeister, welche für festgesetzte Preise in allen Grafschaften Englands Brunnen anlegen. Sie behaupten, daß sich, wenn man nur bis zur gehörigen Tiefe niedergehe, an allen Orten Springbrunnen auffinden lassen müßten. Dieß mag in Bezug auf England, in Folge dessen geognostischer Beschaffenheit vielleicht richtig sein. Es werden Bohrbrunnen von 50 bis 150 Metres angeführt, aber bei weitem nicht alle geben über die Erdoberfläche springendes Wasser, bei vielen müssen Pumpenwerke angebracht werden.*)

---

ben die armen Leute, um sich zu erwärmen, ungefähr 1 Fuß tief in die Erde oder in den Sand, setzen sich um dieses Loch herum, und zünden mit brennendem Strohe das Gas an, welches aus der Mitte heraus strömt. Sie füllen hernach dieses Loch mit Sand aus, und das Feuer erlischt.

*) Einige englische Bohrbrunnen sind besonders merkwürdig, so z. B. der des H. Brook zu Hammersmith. Nachdem dieser den Boden in seinem Garten auf eine Tiefe von 360 Fuß, bei einem Durchmesser von 4½ Z. durchbohrt hatte, so erhielt er einen so reichlichen Wasserstrahl, daß das ziemlich geräumige Terrain, auf welchem sein Haus erst erbaut worden war, ganz mit Wasser bedeckt wurde. Alle Küchen unter der Erdfläche waren in einer Umgebung von mehr als 50 Toisen in der Runde unter Wasser gesetzt, und der Uebelstand war so groß, daß sich die Obrigkeit auf eine große Menge von Klagen hin darein legte, und die Besorgniß ausdrückte, die Häuser möchten in den Boden versinken, oder von unten zerstört wer-

Amerika besitzt viele und sehr alte Bohrbrunnen. So soll es zu Hartfort in Connecticut einen durch Kunst hervorgebrachten Brunnen geben, dessen Wasser seit mehr als 100 Jahren aus einem Bohrloche quellen, das man in einem 70 Metres tiefen Brunnen erbohrt, und dessen Oeffnung man mittelst Schießpulver erweitert habe. Auch sollen in den Vereinigten Staaten den chinesischen ähnliche Gasquellen sich befinden, deren Gas zur Beleuchtung der Häuser und Straßen benutzt wird.

Neuere in Deutschland gebohrte Brunnen befinden sich namentlich in Heilbronn, Erlangen, Nürnberg, Crailsheim, bei Wien (viele Bohrbrunnen in dieser Gegend sollen schon über ein Jahrhundert alt sein), Langenbrücken in Baden, bei Stuttgart, in Würzburg und an verschiedenen andern Orten.

Nach den Erfahrungen der Brunnenbohrer braucht man sich nicht zu begnügen, wenn man beim Bohren auf eine nur schwach sich emporhebende Quelle gekommen ist; sehr häufig findet man beim weiteren Niedergehen noch mehre Quellen in verschiedenen Tiefen, welche eine größere Druckhöhe zeigen. So kam man in Nürnberg beim Bohren nach und nach auf 7 Quellen. Die in einer Tiefe von 43 Fuß erbohrte erste Quelle blieb gegen 12 Fuß unter der Erdoberfläche zurück, und jede der folgenden tiefergelegenen Quellen, äußerte nach ihrer Lösung größere Steighöhe als die vorangegangenen. In einer Tiefe von 100 Fuß wurde die 7te Quelle aufgeschlossen, welche die Wassersäule 15 Fuß hoch über die Erdoberfläche treibt, und bei unausgesetztem Ausströmen aus einer 4 Fuß über der Erde in der Aufsatzröhre angebrachten Seitenöffnung in jeder Stunde 55 bair. Eimer des vorzüglichsten Wassers liefert.

Beachtungswerth ist die Erscheinung, daß die Bohrbrunnen in der Nähe des Meeres einen Zusammenhang mit Ebbe und Fluth, nämlich ein tägliches Steigen und Sinken zeigen. Dieses hat man namentlich in England beobachtet. — Die Unerschöpflichkeit der artesischen Brunnen geht schon aus der Theorie derselben hervor, wird aber auch durch die Erfahrung bestätigt. Ein Bohrbrunnen zu Lillers im Departement Pas de Calais z. B. läuft seit 1126, und weder die Höhe bis zu welcher er aufspringt, noch die Wassermenge, welche er liefert, hat sich jemals verringert, und ein artesischer Brunnen im Kloster St. André ist jetzt noch ganz von derselben Beschaffenheit, nach welcher ihn vor mehr als 100 Jahren **Belidor** beschrieben hat. Nur dann hat

---

den. Zwei Männer versuchten vergebens diesen Wasserstrom dadurch aufzuhalten, daß sie in die Röhre ein Stück pfropfförmig geschnittenen Holzes eintrieben, welches jedesmal wieder heraus geworfen wurde. Ein dritter Arbeiter war nicht glücklicher, man nahm Eisen statt des Holzes, alle Bemühungen waren unzulänglich. Endlich schlug ein Ingenieur vor, Röhren von einem immer kleineren Durchmesser in einander zu schieben, und man gewältigte endlich den heftigen Wasserandrang, welcher die lebhaftesten Besorgnisse und sogar ernstliche Verheerungen verursacht hatte.

man (z. B. in Heilbronn) eine Verminderung der Steigkraft der Bohrbrunnen beobachtet, wenn in derselben Gegend zu viele Bohrbrunnen angelegt wurden. *)

Die größere Verbreitung der Bohrbrunnen ist hauptsächlich eine Folge des Umstandes, daß man in neuerer Zeit die vielfache und außerordentliche Nützlichkeit der erbohrten Wasser erkannt hat. Anfänglich bohrte man diese Brunnen nur zur Benutzung für den Ackerbau. Jetzt benutzt man sie in den Fabriken als bewegende Kraft, oder um stets klares und weiches Wasser zu haben, vorzüglich aber auch wegen des Umstandes, daß das fortwährend sich erneuernde Wasser eine immer, Sommer und Winter sich gleichbleibende Temperatur von 9 bis 12° R. hat. Man hat in Werkstätten dieses Wasser in offenen Röhren herumgeleitet, und denselben dadurch eine gleichmäßige Temperatur ertheilt, welche im Sommer unter, im Winter über der der Atmosphäre steht, also daß sie im Sommer kühl, im Winter warm sind. Auf diese Art heizte Bruckmann einen Raum von 82800 Cub.-Fuß mit dem Wasser eines Bohrbrunnens, und fand, daß bei einer äußern Temperatur der Luft von — 25° R., in jenem Raum das Thermometer noch auf + 4° R. stand. Im Sommer steigt in einem solchen Raume die Temperatur nie über 10° R.**) Das umlaufende Wasser reinigt zugleich die Luft in den Arbeitssälen, und dient im Fall einer Feuersbrunst als Löschungsmittel. Man hat auch das Wasser der artesischen Brunnen benutzt, um im Winter die Gartenpflanzen vor dem Froste zu schützen und um Wintergärten anzulegen. Noch wichtiger ist die von Bruckmann gemachte Anwendung dieses Wassers, um Wasserräder von dem Eise frei zu halten. Bekanntlich frieren diese Räder im Winter ein, und das Abeisen derselben ist ein eben so lästiges als schwieriges, zuweilen ganz unausführbares Geschäft. Bruckmann ließ nun oberhalb der Wasserräder hölzerne durchlöcherte Röhren anbringen, in die er das Wasser eines benachbarten artesischen Brunnens leitete, welches auf die Räder träufelte. Die Räder beeisten nun auch bei

*) Noch mag hier erwähnt werden, daß es auch Bohrlöcher gibt, welche in einem den artesischen Brunnen gerade entgegengesetzten Sinne sich wirksam zeigen, nämlich durch unausgesetztes Einsaugen von Flüssigkeit. So entledigte sich ein Kartoffelstärke-Fabrikant bei St. Denis mittelst eines bis auf gewisse poröse Erdschichten niedergebohrten Loches täglich einer Masse von 88000 Litres schmutzigen Wassers, dessen Gestank zu Klagen Anlaß gegeben hatte. Nachdem das Loch 3 Monate lang täglich die erwähnte Wassermenge aufgenommen hatte, fand man mit dem Bohrer unten nur Sand. Sollte man mittelst Bohrlöcher nicht Moore auszutrocknen vermögen, wenn Sandschichten unter dem Thonlager liegen?

**) In Montmorency wird das Wasser eines großen Sees, in welchem früher wegen zu großer Wärme im Sommer die Fische abstarben, durch rings um denselben angelegte artesische Brunnen abgekühlt.

der strengsten Kälte nicht mehr, und die vorher beeisten Räder waren in wenigen Stunden vom Eise befreit. Hierzu wurde dasselbe Wasser verwendet, welches schon vorher zur Heizung in angegebener Weise gedient hatte. In den Oel- und Mahlmühlen kann man auch durch das Wasser der artesischen Brunnen die Saamen und Früchte, welche man netzen muß, ehe man sie unter den Stein bringt, vor dem Froste schützen.

Die natürlichen Quellen zeigen noch eine Menge besonderer Eigenthümlichkeiten, welche bemerkenswerth sind. So kommt bei vielen in der Nähe des Meeres ein ähnlicher Zusammenhang mit Ebbe und Fluth vor, wie dieses in England bei den artesischen Brunnen beobachtet worden. Offenbar geht hieraus ein Zusammenhang jener Quellen selbst mit dem Meere hervor, und wenn diese Quellen süßes, nicht salziges Wasser haben, so wird davon die Ursache offenbar die Filtrirung sein, welche das Wasser des Meeres bis zum Ursprunge der Quellen erfährt. Gewisse Brunnen kommen zu Anfange des Frühlings hervor, und versiegen wieder gegen das Ende des Winters, sie heißen Maibrunnen. Die Hungerquellen sind derartige Quellen, welche, wenn sie sehr reichlich fließen, ein Mißjahr weissagen sollen. Diese Quellen verdanken ihren Ursprung dem auf den Gebirgen angesammelten Schnee, welcher im Sommer schmilzt und dessen Wasser in die Erdschichten einsickert. Am Comer-See in Oberitalien ist eine Quelle, welche alle Stunden regelmäßig ab- und zunimmt. Der Bullerborn im Paderbornschen fließt im Sommer nur von 6 zu 6 Stunden. Auf dem Berge Piro in Peru läuft die Quelle Naquio nur bei der Nacht; hat es aber kurz vorher geregnet, auch bei Tage. Die Quelle Fontestorbe in Mirepoix fließt in den Sommermonaten Juni, Juli und August abwechselnd 36½ Minuten, und setzt dann 32½ Minuten aus. Tritt nasses Wetter ein, so fließt sie auch gleichförmig, und schon ein Regen von 2—3 Tagen kann bei ihr, wenigstens für 10—12 Tage, eine beständige Ergießung hervorbringen. Als im Winter des Jahres 1692 zwei Monate hindurch kein Regen- und Thauwetter eintrat, ward die Quelle gleichfalls aussetzend. Die Quelle von Fonsanche bei Nismes, in der Nachbarschaft des Flusses Vendourle, gibt in 24 Stunden zwei Mal Wasser, und setzt eben so oft aus. Jede Ergießung dauert sieben, das Aussetzen fünf Stunden, jedoch so, daß sich beides jeden Tag um 50 Minuten verspätet. Bloß nach einen starken Regen wird diese Quelle beständig. Die Quelle von Senez in der Provence setzt jedesmal sieben Minuten aus. Im Jahre 1755 bei dem großen Erdbeben von Lissabon ward sie gleichförmig fortfließend, fing aber 1763 an wieder auszusetzen. Bei Aelen im Canton Bern soll eine Quelle sein, die nur alle sieben Jahre einige Wochen fließt. Bei Wattis in Graubünden brechen vom April bis September aus einem Felsen zwei Quellen, jede 25 Schritte von der andern, hervor; in den übrigen Monaten versiegen sie. Merkwürdiger noch als alle vorige ist der Engstlerbrunnen im Canton Bern, dessen Ergießungen auf eine doppelte Weise, nämlich nicht nur jährlich, sondern auch täglich unterbrochen werden. Die jährlichen

dauern von der Mitte des Mais bis zur Hälfte des Augusts; die täglichen von vier Uhr Nachmittags, die Nacht hindurch, bis acht Uhr des Morgens. Doch wird dieses regelmäßige Absetzen zuweilen auch unregelmäßig. Bei Putschlaf in Graubünden gibt es Quellen, die bei trockener Witterung Wasser haben, bei Regenwetter aber versiegen. Zu den periodischen Quellen gehören auch die vulkanischen Quellen auf Island, welche überdieß noch die Eigenthümlichkeit haben, daß sie heißes Wasser bis auf 100 Fuß in die Luft spritzen. Sie heißen bei den Eingebornen Geiser, und vorzugsweise zeichnet sich eine dieser Quellen, der große Geiser oder schlechthin der Geiser genannt, aus.*)

Die am Tage aussetzenden und nur des Nachts laufenden Quellen hat man so erklärt, daß man annimmt, sie leiten ihren Ursprung von Gebirgslagern her, welche ihr Wasser von dem am Tage schmelzenden Schnee und Eis erhalten. Gegen Abend hat sich dann genug Wasser gesammelt, um als Quelle zum Vorschein zu kommen. Andere regelmäßig aussetzende Quellen erklärt man aus dem Vorhandensein heberförmiger Kanäle. Gibt es nämlich unter der Erdoberfläche eine Höhle, in welche ein solcher Heber mit dem kürzern Schenkel unten mündet, und in der sich Wasser ansammelt, so wird dieses sich durch den heberförmigen Kanal nicht eher ergießen, als bis er in der Höhle über die höchsten Punkte des Hebers zu stehen kommt, dann aber ergießt dieser sich

*) Mackenzie gibt folgende Nachrichten. An der Ostseite eines nicht über 300 Fuß hohen Hügels sind verschiedene Thonbänke, wo an verschiedenen Stellen Brodem heraus steigt, an andern in Höhlungen Wasser lebhaft kocht. Auf dem Gipfel des Hügels ist ein Bassin, 40 bis 56 Fuß breit. Ein Viertel vor drei Uhr Nachmittags am 27. Juli war dasselbe voll heißen Wassers, welches ein wenig überlief. Nach längerer Zeit ertönte ein Schall wie von einer Kanone; der Boden erbebte, schnell und unregelmäßig wiederholte sich der Schall, das Wasser erhob sich verschiedene Male, plötzlich stieg eine große Säule von Dampfwolken begleitet 10 bis 12 Fuß hoch empor, borst und fiel zurück; hierauf erhoben sich etwa 18 Wassersäulen nach einander, keine über 50 Fuß hoch, die 5 Minuten anhielten. Nach dem letzten heftigsten Strahle verschwand das Wasser plötzlich im Bassin, und lief in eine Röhre in der Mitte derselben. Der Boden des Bassins war heiß und trocknete schnell. Das Wasser war etwa 10 Fuß tief in die Röhre gesunken, und schien sich langsam wieder zu heben. Die Röhre hatte 10 oben 16 Fuß Weite, das Bassin 3 Fuß Höhe; die Röhre mehr als 60 Fuß. Die Röhre war 29 Minuten vor 6 Uhr voll, das Wasser hatte eine Temperatur = 209° F. Nun füllte sich auch das Bassin wieder, es stiegen von Zeit zu Zeit Strahlen bis zur Höhe von 40 Fuß auf, ohne daß nachher das Wasser fiel. Die Reisenden übernachteten in der Nähe des Geisers. Bald nach 4 Uhr des Morgens sahen sie an einer vorher unbeachteten Stelle eine Säule unter heftigem Getöse und vielem Brodem sich bil-

mit einmal und zwar so lange, bis die Höhle geleert ist. Nachher sammelt sich das Wasser aufs neue in der Höhle, und die Quelle setzt aus, bis in der Höhle das Wasser die zu einem neuen Ergießen erforderliche Höhe erreicht hat. (Vergl. Heber.)

Außer den Geisern auf Island gibt es noch andere Quellen, welche als natürliche Springbrunnen zu betrachten sind. So entstand vor 80 Jahren durch Zufall eine 6 Fuß hoch springende Quelle zu St. Venant in Frankreich, welche aus einer Tiefe von 200 Fuß kam, als man mit einem eisernen Stab ein Loch in den Boden machte. Eigentlich ist diese Quelle also ein artesischer Brunnen. Die Erklärung solcher Quellen ist dieselbe, wie die der artesischen Brunnen. Bei den intermittirenden scheint aber noch der Luftdruck mit zu wirken. Ist nämlich im Innern der Erde eine Wasseransammlung, welche zugleich Dampf oder Gas entwickelt, so wird diese durch den Druck des Dampfes durch eine zufällige röhrenförmige Oeffnung herausgetrieben, bis die Höhlung nur noch mit Gas oder Dampf erfüllt ist, der nun empor steigt, bis sich Wasser genug angesammelt hat, und die untere Mündung der Röhre verschließt, dadurch das Gas oder den Dampf abschließt, bis dieser sich durch Herauswerfen des Wassers wieder Bahn bricht.

Die Temperatur derjenigen Quellen, welche aus nur geringen Tiefen kommen, ändert sich mehr oder weniger schnell mit derjenigen der Atmosphäre. Alle Quellen hingegen, welche aus bedeutendern Tiefen hervorkommen, zeigen eine im Sommer und Winter sich gleichbleibende Temperatur, welche sie von der Temperatur der Erde erhalten, die in geringen Tiefen ebenfalls unveränderlich wird (s. d. Art. Erde). Im Allgemeinen hat man eine Uebereinstimmung der mittleren Temperatur der Orte mit der gleichbleibenden Temperatur der an ihnen

---

den. Sie schien aus Dampf und Schaum zu bestehen, war ganz weiß und erhob sich bis zu 60 Fuß Höhe. Gegen 7 Uhr verschwand sie. Stanley, der zuerst diese Quelle beobachtet, hatte sie den neuen Geiser genannt. Die Beobachter sahen erst in der zweiten Nacht um 12 Uhr einen gewaltigen Ausbruch des alten Geisers, nachdem er mehrmals aufgewallt. Man vernahm ein heftiges schnell sich wiederholendes Knallen, gleich dem Kanonendonner eines Schiffes zur See. Der Geiser wüthete darauf heftig, und warf Strahlen bis zu 90 Fuß Höhe empor. „Keiner Zeichnung ist es möglich, eine Vorstellung von dem Geräusche, von der Schnelligkeit der Strahlen und den schnell rollenden Dampfwellen zu geben, welche mit erstaunlicher Heftigkeit eine über die andere geschleudert wurden." Nach dieser Kraftäußerung sank das Wasser wieder in die Röhre, und ließ das Bassin leer. Nach 9 Uhr tobte auch der neue Geiser wieder, und warf das Wasser oft bis zur Höhe von 70 Fuß. Stanley sah das Wasser oft bis zu 132 Fuß emporsteigen.

vorkommenden Quellen gefunden. Doch haben sich von dieser Regel auch bedeutende Abweichungen gezeigt, welche Humboldt zu dem Schlusse veranlaßten, daß zwischen 40° bis 45° nördl. Br. und bis 3000 Fuß Höhe, beide Temperaturen zusammenfallen, daß aber unter niederen Breiten die Temperatur der Quellen geringer als die mittlere der Luft sei, in größeren Höhen und unter höheren Breiten größer. Doch auch von diesem Erfahrungssatze hat man bedeutende Abweichungen gefunden, welche einige von vulkanischen Einflüssen ableiten, andere von dem Einflusse des Regens, wonach die Quellen wärmer sein müssen bei vorherrschendem Sommerregen und umgekehrt, kälter bei vorherrschendem Winterregen. Der wahre Grund scheint mir die verschiedene Tiefe zu sein, aus welcher die Quellen hervorkommen. An allen Orten nimmt nämlich die Temperatur der Erde mit der Tiefe zu, und welches auch die Temperatur des atmosphärischen Wassers sein mag, so wird dieses doch, indem es sehr langsam in die Erdrinde einsickert und sich endlich an gewissen tiefliegenden Orten ansammelt, die Temperatur dieser Orte annehmen. Das zu Tage steigen von diesen tiefsten Orten geht stets schneller von Statten als das Einsickern, weil der Ort, wo die Quelle erscheint, immer niedriger liegen muß, als der Ort wo die Erd- und Steinschichten zu Tage gehen, in denen das Wasser herabsinkt; sie werden also je nach der Geschwindigkeit mit der sie aus den tiefsten Orten empor kommen, eine von der Temperatur dieses Ortes wenig abweichende Temperatur zeigen. Um auf eine genaue Weise die mittlere Temperatur der Orte auf der Erde, wo die Quellen zum Vorschein kommen, mit denen der Quellen selbst zu vergleichen, müßte man folglich wissen, bis zu welchen Tiefen das Wasser dieser Quellen vor dem Erscheinen herabgesunken war.

Da indeß die Tiefe, bis zu welcher das atmosphärische Wasser vor seinem Auftreten in Quellen hinabsinkt, überall nur unbedeutend sein kann, gegen die Größe des ganzen Erdkörpers, der ganze Proceß der Quellenbildung nur an einer sehr dünnen obersten Schicht des Erdkörpers vor sich gehen kann, so bleibt eine Zusammenstellung der Temperaturen der an den verschiedenen Orten vorkommenden Quellen immer von Interesse, und diese Temperaturen selbst können im Allgemeinen keine sehr bedeutenden Abweichungen von der mittleren Temperatur zeigen. Folgende Tabelle der Quellen-Temperaturen ist von Kämtz zusammengestellt worden.

Orte.	Breite.	Länge.	Höhe t.	Temp.	Beobachter.
Maypures	5° 14′	—	—	27°, 65	v. Humboldt.
Kingston (Jamaica)	18 0	300° 55′	—	26, 67	Hunter.
Cumana	10 27	—	—	25, 63	v. Humboldt.
St. Yago (Capverd. J.)....	15 0	0 7	—	24, 44	Smith.
Congo	9 0 S.	—	227 t.	24, 44	Smith.
Darwar	11 28	75 11 0	600	24, 24	Christie.
Havannah......	23 9	295 22	—	23, 50	Ferrer.
Otaheiti	17 30 S.	228 4	—	23, 00	A. Erman.
Germa (Sahara)............	26 30	—	—	22, 60	Denham.
Cairo	30 2	48 58	—	22, 50	v. Humboldt.
Madera.........	32 38	0 37	—	18, 73	L. v. Buch.
Natchez.........	31 28	—	—	18, 30	v. Humboldt.
Teneriffa	28 30	1 8	—	18, 00	L. v. Buch.
Charlestown....	33 0	298 35	—	17, 50	v. Humboldt.
Capstadt........	33 55 S.	36 6	—	17, 22	J. Davy.
Paramatta	33 10 S.	—	—	16, 39	Brisbane.
Palermo........	38 7	31 12	—	16, 25	Ungenannter.
Carmeaux	43 0	—	450	13, 00	Cordier.
Philadelphia...	39 56	302 28	—	12, 67	Warden.
New-York......	40 40	303 31	—	12, 67	v. Humboldt.
Pavia	45 11	26 50	—	12, 59	Brugnatelli.
Taganrog	47 12	56 37	—	12, 50	Elsingk.
Cincinnati......	39 6	—	—	12, 45	v. Humboldt.
Nicolajeff	46 50	49 40	—	12, 25	Kupfer.
Paris..........	48 50	20 00	—	11, 88	Kupfer.
Rom	41 54	30 8	—	11, 88	L. v. Buch.
Gosport........	50 48	—	—	11, 39	Burney.
Stavropol......	45 3	59 39	300	10, 81	Kupfer.
Cork	51 54	9 11	—	10, 67	Hamilton.
San Francisco (Californ.) ..	37 48	255 34	—	10, 63	A. Erman.
Steinbrücke an d. Malka....	43 45	—	417	10, 62	Kupfer.
Moskovskaja Krepost.	45 3	59 42	—	10, 62	Kupfer.
Albany..........	42 39	—	20	10, 56	Greig.
Heidelberg......	49 25	26 21	60	10, 50	Muncke.
Genf	46 12	23 49	202	10, 40	v. Humboldt.
Potsdam.......	52 20	30 45	—	10, 10	Erman.
London.........	51 31	17 34	—	10, 00	Hunter.
Halle...........	51 29	29 38	—	10, 00	Kämtz.
Straßburg	48 35	25 25	—	9, 80	Herrenschneider.
Dublin	53 21	11 22	—	9, 67	Hamilton.
Basel...........	47 34	25 15	137	9, 50	Merian.
Berlin	52 31	31 4	—	9, 50	Erman.
Cambridge (N. A.)	42 23	17 44	—	9, 44	Williams.
Lowville	43 47	75 25	120	9, 44	Wahlenberg.
Zürich...........	47 23	26 12	242	9, 40	Wahlenberg.
Keswick	54 33	—	—	9, 23	v. Humboldt.
Ernisco	54 48	—	—	9, 23	Hamilton.

Orte.	Breite.	Länge.	Höhe. t.	Temp.	Beobachter.
Altona	53° 32′	27° 26′	—	9°, 12	Schumacher.
Bellycastle	55 12	—	—	8, 89	Hamilton.
Abbotshill (Fife)	56 10	—	—	8, 72	Ferguson.
Colinton bei Edinb.	55 54	14 24	60	8, 75	Ungenannter.
Ebendaselbst				8, 62	
Armagh	54 20	—	—	8, 61	Hamilton.
Edinburg	55 30	14 30	35	8, 61	Roebuck.
Sölvesborg	56 2	32 14	—	8, 60	Engeström.
Carlscrona	56 6	33 11	—	8, 50	Wahlenberg.
Kendal	54 17	—	—	8, 45	Dalton.
Warberg	57 6	29 57	—	8, 30	Engeström.
Londonderry	55 0	9 52	—	8, 28	Hamilton.
Königsberg	54 42	38 9	—	8, 16	A. Erman.
Albisrieden	—	—	—	8, 00	Wahlenberg.
Söderköping	58 25	34 4	286	7, 70	Engeström.
Fayetteville	42 58	—	—	7, 60	Field.
Stockholm	59 20	35 44	—	7, 50	Engeström.
Christianstad	58 12	31 49	—	7, 50	Engeström.
Sadonsk	52 10	46 35	—	7, 38	Kupfer.
Lubochna Thal	Carpath.	—	279	7, 25	Wahlenberg.
Faröer Ins.	—	—	—	7, 13	Forchhammer.
Nyköping	58 45	34 38	—	7, 00	Engeström.
Stockholm	59 20	35 44	—	7, 00	Berzelius.
Lägstakrog	59 0	—	—	6, 90	Wahlenberg.
Norwegen, Westküste	60 00	—	—	6, 80	Engeström.
Moscow	55 45	55 13	—	6, 50	Kupfer.
Engelberg	—	—	—	6, 50	Wahlenberg.
Upsala	59 51	35 18	100	6, 50	Wahlenberg.
Rigi, Kaltebad	—	—	507	6, 40	Wahlenberg.
Ullensvang	60 20	—	734	6, 25	Hertzberg.
Kasan	55 44	49 30	—	6, 25	Kupfer.
Baikhof	56 36	41 4	—	6, 21	A. Erman.
Ostaschicha	56 6	62 40	66	6, 21	A. Erman.
Guttannen. (Alp)	—	—	1042	6, 20	Wahlenberg.
Petersburg	59 56	47 59	—	6, 12	Kupfer.
Wladimir	56 0	57 0	83	6, 02	A. Erman.
Kasan	55 48	67 4	16	6, 00	A. Erman.
Petersburg	59 54	47 59	—	6, 00	A. Erman.
Molde	62 42	23 10	—	6, 00	Engeström.
Pilatus	—	—	682	6, 00	Wahlenberg.
Hochalp	—	—	637	5, 90	Wahlenberg.
Waldai	57 54	50 52	166	5, 71	A. Erman.
Dal-Elf-Mündung	60 30	—	—	5, 70	Wahlenberg.
Bergen	60 24	22 57	—	5, 70	Bohr.
Kluitschewskaja Selenie	56 18	178 4	66	5, 63	A. Erman.
Slatoust	57 0	74 40	60	5, 60	A. Erman.
Schwander-Allmend.	—	—	744	5, 60	Wahlenberg.
Schwarzberg-Alp	—	—	779	5, 50	Wahlenberg.
Gefle	60 40	34 43	—	5, 50	Wahlenberg.
Kuschwa	58 18	77 52	—	5, 27	A. Erman.

Orte.	Breite.	Länge.	Höhe. t.	Temp.	Beobachter.
Nischni Turinsk	58° 24′	77° 52′	—	5°, 25	A. Erman.
Kilmes	56 54	68 48	50	5, 00	A. Erman.
Martinsbrunn am Mondberge	—	—	709	5, 00	Wahlenberg.
Dreybrunnen (Carp.).........	—	—	556	5, 00	Wahlenberg.
Abo	60 27	39 58	—	5, 00	Leche.
Drontheim........	63 30	26 14	—	5, 00	Esmark.
Huddiksvoll.......	61 45	34 48	—	4, 80	Wahlenberg.
Botzen (Carp.)...	—	—	566	4, 55	Wahlenberg.
Usi	57 18	52 54	33	4, 40	A. Erman.
Kisnekejewa	54 30	80 0	154	4, 38	Kupfer.
Obere Malka (Cauc.).........	43 30	—	1283	4, 12	Kupfer.
Pilatus	—	—	877	4, 10	Wahlenberg.
Sandsvall	62 30	—	—	4, 00	Wahlenberg.
Medelpad	62 30	—	—	4, 00	Wahlenberg.
Krasnojarsk	56 0	110 34	116	3, 91	A. Erman.
Staffelberg	—	—	891	3, 80	Wahlenberg.
Stavnicza (Carp.).........	—	—	816	3, 80	Wahlenberg.
Irkutzk	52 18	121 52	225	3, 75	A. Erman.
Brunni-Alp	—	—	959	3, 70	Wahlenberg.
Unalaschka	53 55	—	—	3, 60	Chamisso.
Roßboden	—	—	1096	3, 50	Wahlenberg.
Räuberbrunnen (Carp.).........	—	—	996	3, 40	Wahlenberg.
Nischni Tagilsk	58 00	77 0	116	3, 28	A. Erman.
Jedrowa	57 42	51 16	133	3, 12	A. Erman.
Torneo	65 61	41 52	—	3, 00	Hellant.
Blanke Alp........	—	—	996	2, 95	Wahlenberg.
Bogoslawsk......	59 48	78 4	116	2, 94	A. Erman.
Umeo	63 50	37 52	—	2, 90	Wahlenberg.
Nischnei-Tagilsk	58 0	77 0	103	2, 88	Kupfer.
Tigil...............	57 54	175 40	25	2, 75	A. Erman.
Werchoturie	58 54	77 52	150	2, 65	A. Erman.
Gransele	65 0	—	—	2, 60	Wahlenberg.
Ochotzk	59 20	160 54	—	2, 50	A. Erman.
Perm	58 0	74 4	30	2, 50	A. Erman.
Wadsöe............	70 15	47 32	—	2, 20	Hellant.
Lyksele.............	64 30	—	100	2, 00	Wahlenberg.
Beresow...........	63 54	82 34	—	2, 00	A. Erman.
Bogoslawsk	60 0	80 0	103	1, 88	Kupfer.
Werchne-Udinsk	51 48	125 22	300	1, 88	A. Erman.
Poworotnaja Sopka	57 12	177 16	271	1, 88	A. Erman.
Store, Windeln	65 45	—	177	1, 80	Wahlenberg.
Troitzko Ssawks bei Kiächta....	50 24	124 10	450	1, 76	A. Erman.
Enontekis	68 30	41 30	267	1, 70	Wahlenberg.

Während die eben erwähnten, der mittleren Lufttemperatur nahe stehenden Quellen, kalte Quellen genannt werden, heißen diejenigen Quellen, welche diese Temperatur bedeutend übersteigen, warme Quel-

len. Dieselben kommen in den verschiedensten Gegenden der Erde vor, im hohen Norden ebensowohl, wie in den Gegenden um den Aequator, am häufigsten jedoch in vulkanischen Gegenden, mit denen sie folglich im Zusammenhang zu stehen scheinen, wenigstens was den Grund ihres Entstehens betrifft. Sie haben zum Theil eine der Siedhitze nahe kommende Temperatur, viele aber gewähren nur den Anblick des Kochens, weil mit dem Wasser eine große Menge Gas mit Gewalt ausströmt. Ihren Ursprung verdanken sie ganz gewiß nicht der Erwärmung durch unterirdische Feuer, weil sie sonst einen Temperaturwechsel zeigen müßten, der nicht stattfindet, noch kann man bei denen von bedeutend hoher Temperatur, diese aus der Tiefe ableiten, aus welcher sie hervorkommen, weil eine so große Tiefe (mit Berücksichtigung der Abkühlung beim Aufsteigen) zu bedeutend sein müßte, wegen der mit der Tiefe zugleich zunehmenden Dichte der Erde aber nicht wohl annehmbar ist. Dagegen scheinen ihnen chemische Processe zum Grunde zu liegen, welche durch das Wasser eingeleitet werden. Es ist bekannt, daß bei unzähligen chemischen Processen bedeutende Wärmeerzeugung stattfindet, und diese chemischen Processe müssen eintreten, sobald das Wasser im Innern der Erde mit Substanzen in Berührung kommt, welche bei ihrer Auflösung im ohnedieß schon mit andern Substanzen geschwängertem Wasser Wärme entbinden. Das stoßweise Springen, welches man am Karlsbader Sprudel und bei anderen heißen Quellen wahrnimmt, erklärt sich stets aus den erzeugten Gasen oder Dämpfen, wie bei den Geisern auf Island. Eine die gewöhnliche übersteigende Temperatur zeigen nach der Erfahrung alle Salzquellen, doch ist ihre Temperatur meist nur so wenig erhöht, daß man sie wohl auch aus der Tiefe erklären kann, aus welcher diese Quellen emporkommen.

Im folgenden sind die Temperaturen einiger warmen Quellen Europas zusammengestellt. Sie entspringen alle in vulkanischen oder Urgebirgen.

Namen der Oerter.	Temperat.	Namen der Oerter.	Temperat.
Warmbrunn in Schlesien	37°, 5C.	Krapin in Mähren........	37°, 5
Teplitz	47°, 5	Aachen	46° bis 57°
Wiesbaden	48° bis 65°	Martini Bagno.............	47°, 5
Karlsbad	34° bis 75°	Schlangenbad...............	27°, 5
Kappenhardt im Würtemb.	23°, 75	Petersthal in der Lomb...	37°, 5
Liebenzell bei Wildbad....	24°	Baden-Baden...............	67° bis 75°
Hubbad in Baden.........	36°	Geiser auf Island.........	98°, 33
Wolkenstein im Erzgeb...	30°	Warasdin in Kroatien....	75°, 5
Wildbad im Würtemb.....	35°	Glashütte in Ungarn.....	53°, 75
Burtscheid am Niederrhein	44° bis 53°	Batz in Siebenbürgen.....	31°, 25
Wildbad Gastein in Steiermark......................	48°, 75	Leuk (in der Schweiz)	50°
Ems im Nassauschen......	22°,5;42°,5 und 50°	Massino (in der Schweiz)	33°, 75
Badenweiler	25°	St. Martino (in der Schweiz)	47°
Bude bei Chemnitz........	70°	Baden (in der Schweiz)	40° bis 50°
		Pfäfers in St. Gallen....	44°

Digitized by Google

Namen der Oerter.	Temperat.	Namen der Oerter.	Temperat.
Luxeuil im Dep. Haute Saone	54° C.	Caudies bei Perpignan	27°, 5 C.
Bourbonne les Bains	71°, 25	Lamoth im Dep. Isère	80°
Chaudes Eaux } in den Vogesen	24°	Bath in England	40° bis 50°
Becoux } in den Vogesen	24°	Albano	30° bis 50°
Plombières in Frankreich	50° bis 60°	Acqui Piemont	51° bis 64°
St. Gorraise	35° bis 36°	Castelamare	40°
Aix les Bains	56°	Guitara	35° bis 54°
Saute de Pucelle	34°	Lucca	30° bis 54°
Chaudes-Aigues Dep. Du Cantal	70° und 80°	Franceschi	53°, 75
Digne Dep. Des Basses Alpes	50°	St. Giulieno	31° bis 38°
		Sarbara	44° bis 50°
		Pisa	43°, 75
		Piscarelli des Agnano-Sees	93°

Auch in Amerika, Asien und Afrika hat man heiße Quellen in Menge gefunden und untersucht, deßgleichen auf den vulkanischen Inseln. So z. B. gibt es Quellen auf St. Miguel (Azoren) welche 88° und sogar 100° C. Temp. haben.

Wenn endlich einige Quellen eine hinter der mittlern atmosphärischen zurückbleibende Temperatur zeigen, so kann dieses nach dem Vorhergehenden unmöglich seinen Grund darin haben, daß (wie man wohl gesagt hat) diese Quellen in der Tiefe der Erde sich bildeten, wohin die Wärme der Atmosphäre nicht dränge. Denn die Tiefen der Erde sind vielmehr wärmer als die Luft bei mittlerer Temperatur. Meist ist die Kälte gewisser Quellen nur scheinbar, wenn man nämlich dieselbe nicht mittels des Thermometers, sondern etwa mit der Hand schätzt, denn dann nehmen wir nur den Unterschied der Temperatur der Quelle von der unserer Hand wahr, welcher namentlich an heißen Tagen bedeutend sein kann, während doch die Temperatur der Quelle die mittlere der Luft noch übersteigt. Nicht aus der Tiefe kommende, sondern oberflächlich an schattigen Orten zusammenrinnende Quellen, bei denen überdieß Verdunstung stattfindet, können aber wohl stets kälter als die Atmosphäre sein.

Es wurde schon oben bemerkt, daß alle Quellwasser mehr oder weniger fremdartige Substanzen aufgelöst enthalten. Sie schwängern sich mit denselben beim Durchsickern durch das Erdreich und Gestein. Das schlechteste Wasser liefern die Quellen die sich auf dem flachen Lande als Ansammlungen des aus der Atmosphäre sich niederschlagenden Wassers bilden. Indem das Wasser derselben durch den fetten mit Pflanzen bewachsenen Boden dringt, nimmt es viele organische Bestandtheile in sich auf, die ihm einen unangenehmen Geschmack ertheilen und es sogar für die Gesundheit nachtheilig machen können. Aber auch das Wasser der übrigen Quellen ist nicht frei von organischen Beimischungen, wie man daraus sieht, daß sich bei längerer Aufbewahrung desselben (z. B. auf den Schiffen in Tonnen) ein Gährungsproceß einstellt. Das Wasser wird dann etwas trübe, und nimmt einen unangenehmen

Geschmack an; nachher aber schlagen sich die durch die Gährung zersetzten organischen Substanzen als Bodensatz nieder, und das Wasser ist von ihnen gereinigt. Das reinste Wasser liefern diejenigen Quellen, welche aus dem über Urgebirgsarten gelagerten Sandstein entspringen, indem sie gar keine fremden Bestandtheile enthalten, außer etwas atmosphärischer Luft mit einigem Ueberschuße an Sauerstoffgas und wenig kohlensaures Gas.*) (Ueber das Verhältniß des Quellwassers zu den verschiedenen Gebirgsarten s. das oben gesagte.)

*) Bruckmann macht folgende allgemeine Bemerkungen über das Wasser. Ein Wasser wird weich genannt und ist allgemein zum häuslichen Gebrauche tauglich, wenn sich Seife in demselben leicht und schäumend auflöst, und es nach dem Kochen und Wiedererkalten keinen merklichen Bodensatz bildet; enthält es aber viel Kalk-, Gyps-, Salz-, Eisentheile u. s. w., so nennt man es hart, und es schäumt in demselben weder die Seife, noch kochen sich Hilsenfrüchte darin weich. Wenn man einem Trinkglas voll Wasser etwas oxalsaures Kali oder nur Oxalsäure (Sauerkleesäure) zusetzt, und dadurch ein weißlicher Niederschlag erfolgt, so deutet dieses auf Kalksalze; — am gewöhnlichsten ist kohlensaurer Kalk vorherschend; setzt man ihm aber salzsaure Barytauflösung (Murias barytae) zu, und es erfolgt ein weißer Niederschlag, welcher in Salpetersäure unauflöslich ist, so enthält das Wasser schwefelsaure Salze; — am gewöhnlichsten schwefelsauren Kalk (Gyps). Bringt ein Zusatz von salpetersaurer Silberauflösung (Nitras argenti) einen weißen Niederschlag hervor, der in Salpetersäure unauflöslich, aber auflöslich in Ammoniak ist, so enthält das Wasser salzsaure Salze, am gewöhnlichsten salzsaures Natron (Kochsalz). Dieser weiße Niederschlag färbt sich, dem Lichte ausgesetzt, röthlich blau, — es bildet sich Hornsilber. Galläpfeltinktur färbt ein Wasser schwärzlich, wenn es eisenhaltig ist. Wenn man übrigens in eisenhaltiges Wasser ein Stückchen grünes Eichenholz legt, so färbt sich letzteres in kurzer Zeit auf der Oberfläche schwarz, und das Wasser bekommt eine tintenartige Farbe. Wenn ein in ein Wasser hineingelegtes neues Geldstück gelblichbraun anläuft, so enthält es Schwefelwasserstoffgas, welches auch durch den Geruch nach faulen Eiern zu erkennen ist, der beim Kochen verschwindet. Das mit freier Kohlensäure geschwängerte Wasser ist, den Sauerwassern ähnlich, sehr angenehm zu trinken, perlt und röthet Lackmuspapier. Ein solches Wasser enthält häufig viel aufgelöstes Eisen. Da auch die besten unserer Wasser etwas erdige Salze enthalten, so ist es auch bei diesen vorläufigen Untersuchungen von Wichtigkeit zu prüfen, wie viele dieser fixen Stoffe in einer bestimmten Menge Wasser enthalten sind, was sich leicht ohne künstliche Apparate finden läßt, wenn eine etwas größere Menge Wasser von mehren Maßen in einer gläsernen Schale nach und nach abgedampft wird, woraus sich leicht die Menge der Salze berechnen läßt, welche im Mittel in einem Pfunde des Wassers enthalten sind; es zeigt sich in dieser Beziehung folgendes: 1) die besseren Brun-

Die Mineralwässer enthalten beigemischte Substanzen in größeren Quantitäten, und erhalten nach den besonders in ihnen vorherrschenden Substanzen verschiedene Namen. Diejenigen, welche mehr oder weniger stark mit Kohlensäure geschwängert sind, werden Säuerlinge genannt. Sie sind größtentheils kalt, doch kommen auch warme und heiße Säuerlinge vor, und nach Buch soll ihre Temperatur stets diejenige der in ihrer Nähe vorkommenden süßen kalten Quellen übersteigen. Man findet dieselben in den verschiedensten Gegenden und in großer Anzahl. Sehr oft enthalten sie noch in beträchtlichen Quantitäten andere mineralische Substanzen in sich aufgelöst, welche zu Verbindungen mit Kohlensäure geneigt sind. Die Eisensäuerlinge oder Stahlwasser enthalten Eisen, Alkalien und alkalische Salze. Oft enthalten sie auch die letzteren ohne Beimischung von Eisen. Die Eisensäuerlinge werden am meisten als Gesundbrunnen benutzt. Hierher gehören u. a. das Hermannsbad bei Muskau, die Quellen zu Cudowa, Flinsberg, Altwasser, Salzbrunn, Reinerz, Bilin, Spaa u. s. w. Weniger häufig sind die sogenannten Kochsalzthermen und die mineralischen Kochsalzquellen, indem man alle diejenigen, welche an Kochsalz reichhaltiger sind, zu den Soolquellen rechnet. Kochsalzthermen sind zu Baden-Baden und Baden in der Schweiz, zu Wiesbaden u. a. Mineralische Kochquellen sind zu Kissingen in Baiern, welche auch viel

---

nenwasser enthalten in einem Pfunde zu 16 Unzen, gewöhnlich 1, 2, höchstens 3 Grane an erdigen Salzen; das beste Brunnenwasser in Stuttgard, das des Bebenhäuser Hofs enthält so in 1 Pfd., 1½ Gran erdige Salze; das Wasser des Kirchbrunnens in Heilbronn enthält in 1 Pfd. 2⅓ Gran; die bessern Brunnen in Tübingen 2, 2 bis 2,9 Grane. 2) Quellen mittlerer Güte enthalten in einem Pfunde oft 3,4 bis 5 Grane; dieses ist bei vielen Brunnen der Fall, welche aus der Keuperformation entspringen; so enthält der Georgen-Brunnen in Tübingen 3,5; der Schloßbrunnen 4,2; der Marktbrunnen 4,8 Grane erdige Salze; auch mehre Brunnen von Stuttgard enthalten 4 — 5 Grane, eben so mehre in Heilbronn. 3) Quellen, welche gegen 6 Gran und selbst noch mehr erdige Salze in 1 Pfunde Wasser enthalten, gehören gewöhnlich zu den härteren, schlechteren Wassern; in gypshaltigen Gebirgsarten steigt die Menge der erdigen Salze zuweilen bis 10, 12 und selbst 16 Grane; so besitzt das Ammerthal oberhalb Tübingen, ohnweit Jesingen, einige solche Quellen. (Siehe die Beschreibung von Tübingen von Dr. Eisenbach. Tübingen 1822. Seite 592. finden sich die chemischen Bestandtheile von mehren Brunnenwassern von Tübingen.) Sehr hartes Wasser kann dadurch um vieles verbessert, und hauptsächlich zum Waschen tauglich gemacht werden, wenn man einem würtemb. Eimer (160 Maß = 12½ Cubikfuß) beiläufig 1 Pfd. Potasche oder besser Mineralalkali zusetzt, solches nach geschehener Mischung stark umrührt, und es beiläufig 2 Tage ruhig stehen läßt, worauf sodann das klare Wasser vom gebildeten Bodensatze abgezogen wird.

Kohlensäure enthalten u. a. Zu Bachein am Niederrhein, zu Bath und Crems kommen alaunhaltige Quellen vor. Eine natronhaltige Quelle ist zu Teplitz. Die Quellen zu Warmbrunn in Schlesien, zu Ems im Nassauschen, zu Schlangenbad enthalten kohlensaures Natron, und der Säuerling zu Geilnau hält salzsaures und kohlensaures Natron. Selten sind auch die Bitterwasser, wie die zu Seidlitz und Seidschütz in Böhmen. Häufiger dagegen finden sich Glaubersalzquellen, z. B. zu Brüx in Böhmen, zu Carlsbad, Plombières, St. Vincent in Piemont. Auch Schwefelquellen sind häufig und meist von hoher Temperatur, namentlich in der Schweiz (zu Alveneu, zu Egglisau und Waldeck, zu Yverdun, Wichlerbad, zu Bormio oder Worms, Schinznacht u. v. a.), in Piemont (zu Viray, Brida, Salins), in Savoyen (zu Didier, Gervais, Aix les Bains), in Frankreich (zu Bagnères de Luchon und Barèges, Bagnoles, Lamotte, Enghien). Berühmt ist die Schwefelquelle zu Aachen. Auch in Schlesien sind mehre Schwefelquellen, namentlich zu Landeck, Ribnik u. s. w., in Hessen zu Nenndorf, in Bückeburg zu Eilsen, in Meklenburg zu Doberan, in Oestereich zu Baden bei Wien. Diese Quellen werden sämmtlich stark als Heilquellen benutzt. Besonders in Ungarn finden sich salpeterhaltige Quellen. Kupferhaltige Quellen oder Cementwasser sind zu Neusohl und Schmolenitz in Ungarn, zu Foluhn in Schweden u. an a. Orten. In neuerer Zeit hat man bei Vulkanen, namentlich am Idienne auf Java, Quellen entdeckt, welche Schwefelsäure enthalten. Diejenigen Quellen, aus denen in großer Menge kieselhaltiger Kalksinter niederfällt, werden inkrustirende Quellen genannt. Solche sind zu Carlsbad, Tours (welche Quelle einen alabasterartigen Sinterstein liefert), Teverone bei Tivoli (welche Basreliefs, die man ihr aussetzt, sehr fein und genau abformt), Albano im Gebiete von Padua, St. Filipe u. s. w. Besonders merkwürdig ist die Quelle von Guanca velica, welche Quadersteine zum Häuserbau liefert, 30 Meilen von Lima. Aus den Quellen neben dem See Urmia in Persien, steigen Blasen auf, deren Hüllen zu einer kalkartigen Rinde verhärten, woraus beim ruhigen Stehen Marmor gebildet wird, welcher in großen Platten gehauen und abgeschliffen nur zum Gebrauche des Königs bestimmt ist. Von diesen inkrustirenden sind noch zu unterscheiden die versteinernden Quellen, welche vegetabilische Körper mit Kieselerde erfüllen, sie zuweilen zerstören und an ihre Stelle Kieselsinter setzen. Hier findet also scheinbar eine wirkliche Verwandlung in Stein statt. Eine solche versteinernde Kraft hat das Wasser des Sees Lough Neagh in Irland. Bei Palimbang auf Sumatra und in Chili gibt es versteinernde Flüsse. Aber selbst in der Donau hat man eine Versteinerung entdeckt. Als Franz I. 1760 einen Pfahl der im Jahre 104 nach Chr. von Trajan über die Donau erbauten Brücke heraus nehmen ließ, zeigte sich, daß dieser 1 Fuß im Durchmesser haltende Pfahl an der Oberfläche $\frac{1}{4}$ Zoll tief versteinert war.

Von ganz besonderem Interesse sind endlich noch die Quellen, aus

denen **Naphta** und **Erdöl** quillt und diejenigen, auf deren Wasser **Bergtheer** und **Asphalt** schwimmt. Bei der Insel Abnheron im kaspischen Meere kommt die schönste Naphta vor, welche hell und wohlriechend ist und leicht mit vielem Ruß verbrennt. Außer dieser hat man 1803 noch eine Quelle entdeckt, welche eine eben so ausgezeichnete Naphta liefert, nämlich zu Amiana in Parma bei Jesnovo und Varese. Quellen, welche außer dem Wasser Bergöl oder Bergtheer enthalten, gibt es sehr viele, meist in vulkanischen Gegenden. Europäische sind zu Gretenberg, Häningsen, Edemissen, Wietzen im Hannöverschen; zu Tegernsee in Baiern; das Lambertsloch bei Straßburg; der Bechelbrunnen in den Vogesen; die von Begrède bei Anson in Languedoc; zu Gabian bei Bezières; zu Porentroy, zwischen Montpellier und Beniers; zu Lobsan in der Auvergne; bei Neufchatel; mehre in den Appeninen; der Miano in Parma; Zibio bei Modena; in den Schwefelgruben bei Perticara und Urbino; bei Cirita nuova; südlich von Loretto im Grunde des Meeres; bei Salsa de Sassucolo; am Vesuv; auf Zante unweit Chierri; bei Girgenti und im Val di Noto auf Sicilien; am Grattenbergl unweit Häring in Tyrol; bei Pollonia in Albanien; auf Zante; in Kohlenminen in England; zu Ormskirk in Lancashire; Coal Port unfern Coalbrookdale; der Catharinenbrunnen bei Edinburg; auf der Orkney-Insel Pomona; in Ungarn am Fuße der Karpathen an mehren Orten; in Gallicien, namentlich zu Truscawec in der Cameralschaft Drohobycz; bei Herschan im siebenbürgisch-moldauschen Passe Oytosch; in Rußland an den Ufern des Igar, des Tereck, der Wolga, am Gebirge Irnek an der kirgischen Grenze in Taurien u. an a. Orten. Weit bedeutender sind die Bergölquellen in Asien, namentlich bei Baku in der Nähe des kaspischen Meeres und der Insel Abnheron, wo auch die bekannten natürlichen Feuer vorkommen (s. d. Art. **Feuer aus der Erde**). Hier sind eine große Anzahl von Quellen, welche täglich abgeschöpft werden, und die so ergiebig sind, daß man von den größeren Brunnen täglich 700 Pfund, von den kleineren 50 bis 60 Pfund gewinnt. Das Bergöl wird von den Persern allgemein als Brennmaterial benutzt. In den Tigris ergießen sich mehre Naphtaquellen. Es schwimmt daher auf dem Flusse, und nicht selten zünden es dann die Schiffer an, so daß der Strom weithin brennend erscheint. Im Golf von Bengalen wird aus 560 Brunnen Erdöl gewonnen. Auch im Königreiche Burmha, einige Stunden von der Stadt Reinang-Hong, wird aus mehren hundert (520) gegrabenen tiefen Brunnen Bergöl gewonnen, angeblich 92781 Tonnen jährlich. Auch in Amerika und auf den Inseln finden sich zahlreiche Naphtaquellen.

R.

Rad an der Welle ist eine einfache Maschine zur Hebung von Lasten, welche ihrem Principe nach auf dem **Hebel** beruht. Im Allgemeinen besteht es nämlich aus einem Cylinder, einer Walze (die Welle), auf welchem ein Rad, eine Scheibe u. dgl. festsitzt, so daß der Mittelpunkt des Rades in die Axe des Cylinders fällt, um welche die ganze Maschine gedreht werden kann. Gegen die äußere Fläche des Cylinders wirkt die Last, gegen die äußerste Fläche des Rades die Kraft, und die beiden Arme des jederzeit bei dem Rad an der Welle in Thätigkeit gesetzten Hebels sind folglich: der Halbmesser der Welle und der Halbmesser des Rades, während der Unterstützungspunkt in die Axe des Cylinders fällt. Da nun der Halbmesser des Rades allemal größer als der Halbmesser der Welle ist, gegen jenen als Hebelarm aber die Kraft, gegen diesen die Last wirkt, so wird stets eine kleine Kraft hinreichen, einer großen Last das Gleichgewicht zu halten und mit verhältnißmäßig geringen Kräften wird man große Lasten zu heben im Stande sein. Eine derartige Maschine ist Fig. 94. dargestellt, AB ist die Welle, welche an beiden Enden mit eisernen Zapfen versehen ist, welche in Lagern ruhen und in diesen sich umdrehen, C ist das Rad. Hier ist angenommen, daß Last und Kraft (hier nur der Uebersichtlichkeit wegen auch durch ein Gewicht dargestellt) an Seile befestigt sind, die mit ihrem anderen Ende an das Rad und die Welle befestigt sind. Das Gewicht L strebt die Maschine nach der einen, das Gewicht K nach der entgegengesetzten Richtung umzudrehen. Wenn daher die Drehung im Sinne von K geschieht, so muß das Seil von L auf die Welle sich aufwickeln, mithin L sich erheben. Fig. 95. stellt Rad und Welle im Durchschnitt senkrecht auf die Drehungsaxe dar. Man übersieht leicht, daß, da die Seile stets senkrecht gegen einen Radius herabhängen, sich die Thätigkeit der Maschine immer darauf zurückführen läßt, daß die Kraft gegen den Hebelarm oq, die Last gegen den Hebelarm op, jene in der Richtung qm, diese in der Richtung pn wirkt, und daß daher die Maschine alle die Vortheile darbietet, als wenn fortwährend die Last L durch eine Kraft K mittelst eines Hebels gehoben würde, dessen Arme sich verhalten $= oq : op$, und zur Herstellung des Gleichgewichtes ist folglich $oq : op = L : K$, d. h. $K = \frac{op}{oq} L$ (s. d. Art. **Hebel**); ist K etwas größer als hieraus folgt, so wird L gehoben. Bei jeder wirklich ausgeführten Maschine kommt aber zur Last noch die durch die Kraft zu überwindende, bei der Maschine stattfindende Reibung

und der Widerstand, welchen die größere oder geringere Ungefügigkeit der Seile darbietet, hinzu. Wie man sieht, hat in Fig. 94. das Rad an seinem Umfange eine Fuge, damit das Seil nicht abgleite. Das Gewicht K fehlt in der Regel, indem das Rad C durch Menschen- oder Thierkraft in Bewegung gebracht zu werden pflegt. Die Art, wie diese Kraft angebracht wird, ist sehr verschieden. Man kann z. B. ein Seil ohne Ende um C legen, welches dann, damit es nicht gleite, zweimal umgeschlungen wird. Die Vorrichtung in Fig. 94. bei K ist ein kleines Sperrrad, welches an der Welle festsitzt; es ist ein eisernes eingefurchtes Rad, in welches ein an das Zapfenlager beweglich befestigter eiserner Haken (Sperrhaken) so einspielt, daß er die Welle nur nach der durch die Kraft (K) bestimmten Richtung sich umdrehen läßt; sobald also die Kraft nachläßt, sichert dieser Sperrhaken die Last (L) vor dem Wiederherabsinken. Bei der sogenannten Radhaspel (Fig. 96.) sind an dem Rade lange Zähne, Spindeln oder Spillen (daher auch Spindelrad oder Spillrad genannt) angebracht, an welche die Arbeiter, welche die Maschine in Bewegung setzen, die Hände anlegen. Bei der Kreuzhaspel (Fig. 97.) ist das Rad durch zwei Hebebäume ersetzt, welche sich kreuzen, so daß gleichsam ein Spillrad mit 4 längeren Spillen zu Stande kommt. Diese Vorrichtung ist doppelt angebracht, damit an zwei Stellen die Kräfte in Thätigkeit gesetzt werden können. Bei der Hornhaspel (Fig. 98.) sind gekröpfte Kurbeln statt des Rades; wie man sogleich sieht, ist diese Kurbel nichts weiter als Eine Spille mit einer Handhabe, um bequemer herumgeführt werden zu können. Bei den Winden oder Göpeln (Fig. 99.) ist die Welle senkrecht, das Rad oder vielmehr die das Rad ersetzenden Bäume dagegen sind wagrecht gestellt. Bei der großartigen Anwendung, den diese Maschine in der angewandten Mechanik findet, hat man sehr viele zusammengesetztere Maschinen nach Maßgabe der zu hebenden Lasten und der Art, wie sie den Umständen gemäß applicirt werden müßen, hergestellt, welche sich jedoch sämmtlich auf die angegebenen einfachen Einrichtungen des Rades an der Welle zurückführen lassen. Nur des Tretrades mag noch kurze Erwähnung geschehen. Hier ist das Rad sehr groß und so eingerichtet, daß ein Mensch darin aufrecht stehen kann, ohne mit dem Kopfe an die durchgehende Welle zu stoßen (Fig. 100.). Im Rade, welches auch eine hinreichende Breite hat, sind Stufen angebracht, an denen ein oder mehre Menschen fortwährend hinauf gehen; durch ihr eigenes Gewicht bringen diese dann das Rad in Umdrehung. Ein derartiges Rad an der Welle ist um so viel wirksamer, um wie viel größer das Rad gegen die Welle im Vergleich mit einer gewöhnlichen Haspel ist. Bei der sogenannten Tretscheibe (Fig. 201.) ist die Welle nicht wie beim gewöhnlichen Tretrade horizontal, sondern weicht von der senkrechten Stellung nur um einen kleinen Winkel ab, wodurch das senkrecht auf ihr stehende Rad eine geneigte Lage gegen den Horizont erhält. Geht nun z. B. ein Pferd auf dem scheibenförmigen Rade hin, wie die Fig. 102. zeigt, so wird dadurch die Welle umgedreht.

Räderwerk, Rad und Getriebe. Nehmen wir an, A und B (Fig. 103.) seien zwei Scheiben oder Räder, welche sich mit ungehemmter Leichtigkeit um a und b herumbewegen können, und sich in d berühren, so darf nur das eine z. B. A in Bewegung gesetzt werden, so wird sich auch das andere bewegen, und zwar so, daß gleiche Längen des einen Rades mit gleichen Längen des anderen in Berührung kommen. Sind demnach die Umfänge beider Scheiben gleich groß, so legen sie in gleicher Zeit gleich viele Umläufe zurück, ist dagegen der Umfang von A noch einmal so groß als der von B, so wird sich B während Eines Umlaufes von A zweimal um seinen Mittelpunkt herum bewegen, und im Allgemeinen werden sich die Zahlen der Umläufe beider Scheiben verhalten, umgekehrt wie die Umfänge derselben, oder was dasselbe: die Geschwindigkeiten beider Scheiben verhalten sich umgekehrt wie die Umfänge derselben, die Umfänge aber stehen bekanntlich im Verhältniß der Halbmesser. Gesetzt nun aber, das Rad B könne sich nicht mit ungehemmter Leichtigkeit um seine Axe b herum bewegen, so wird die Folge davon sein, daß, weil A an seinem Rande sehr glatt ist, dieses bei seiner Bewegung B nicht mit bewegen, sondern an ihm hingleiten wird. Um dieses zu vermeiden, macht man die Oberflächen der Räder, an denen sie sich berühren, uneben und zwar am besten so, daß man an beiden Rädern regelmäßige Einschnitte macht, so daß eine Hervorragung an dem einen Rade jedesmal in einen Einschnitt in dem anderen Rade eingreift, dreht sich dann das eine Rad herum, so nimmt es nothwendig das andere Rad mit. Diese Hervorragungen an den Rädern werden im Allgemeinen **Zähne** genannt, und da jedesmal ein Zahn des einen Rades in eine Vertiefung oder Lücke des anderen Rades eingreifen soll, so werden bei gleich großen Rädern die Zähne in gleicher Anzahl vorhanden sein müssen, bei ungleich großen Rädern wird aber auch eine ungleiche Anzahl von Zähnen nöthig sein. Stellen wir uns nun zwei Räder vor (Fig. 104.) deren Umfänge sich wie 1 : 4 verhalten, so wird, wenn das kleinere Rad 6 Zähne hat, das größere $4 \times 6 = 24$ haben müssen. Man gibt nicht leicht einem Rade weniger als 6 Zähne, weil sonst der nächstfolgende Zahn gar nicht oder nicht kräftig genug eingreift, wenn die Wirksamkeit des vorhergehenden aufgehört hat. Je nach der Richtung welche die Zähne eines Rades gegen die Fläche desselben haben, erhalten die Zähne selbst verschiedene Namen. Ein Rad dessen Zähne wie Fig. 205. in der Richtung der Halbmesser des Rades stehen (das Rad mag nun ausgefüllt, eine Scheibe sein, oder Speichen haben), heißt ein **Sternrad** oder **Stirnrad**, und ein Rad, dessen Zähne senkrecht auf seine Fläche (wie Fig. 106.) stehen, heißt ein **Kronrad** oder **Kammrad**, und die Zähne selbst werden bei diesem **Kämme** genannt. Wenn die Zähne oder Kämme eines Rades in die Vertiefungen eines anderen eingreifen, so ist dieses letztere gegen das erste gewöhnlich sehr klein, und erhält meist eine in die Länge gezogene cylinderförmige Gestalt. Man nennt es dann ein **Getriebe**. Solche Getriebe werden am einfachsten so hergestellt, daß man zwei Scheiben einander parallel gegenüber stellt, und diese durch auf beiden senkrechte Stäbe verbindet, nach der Anzahl der am Getriebe

nöthigen Zähne, so daß sie die Stelle dieser ersetzen; diese Stäbe heißen Triebstecken und ein solch Getriebe selbst ein Trilling (Drehling). Ein Getriebe dagegen, welches aus einer massiven Walze oder Welle besteht, in welche Vertiefungen eingeschnitten sind, um die Zähne des Rades aufzunehmen, heißt ein Rumpf.

Fig. 107. stellt nun ein Räderwerk vor, welches aus 3 Rädern besteht, welche mit Getrieben so in Verbindung stehen, daß jedes Rad mit einem Getriebe fest verbunden ist, und um dieselbe Axe sich herum bewegt, und daß das erste Getriebe in das zweite Rad, das zweite Getriebe in das dritte Rad eingreift. Die Durchmesser der Getriebe sollen sich gegen die Durchmesser der Räder wie 1 : 4 verhalten. Das Rad C ist ungezahnt und gegen dasselbe wirkt eine durch Q dargestellte Kraft, eben so ist a ein ungezahntes Getriebe, also richtiger eine Welle am Rade A, es fragt sich, welches wird das Verhältniß der Kräfte P und Q sein müssen, damit die Maschine im Gleichgewicht bleibt, d. h. damit gar keine Bewegung stattfindet. Wir nehmen die Kraft Q = 1 an, so würde diese offenbar, wenn die Kraft P nicht entgegenwirkte, das Räderwerk in Bewegung setzen; aber in welcher Art. Der Halbmesser des Getriebes c verhält sich zum Halbmesser des Rades C = 1 : 4, mithin wirkt die Kraft Q gegen das Rad B mittelst des Getriebes durch einen Hebel der bei c seinen Ruhepunkt hat, und dessen Arme sich = 1 : 4 verhalten, oder, was dasselbe die Wirkung der Kraft Q ist durch das Getriebe gegen B vervierfacht; diese vierfache Kraft wird nun durch das Getriebe b an B in derselben Weise nochmals vervierfacht, so daß gegen A eine Kraft wirkt 16mal so groß als Q, und diese Kraft würde gegen ein viertes Rad durch das Getriebe a sich nochmals vervierfachen, also gegen dieses vierte Rad eine 64 mal Q übersteigende Kraft wirken, welcher nun durch P das Gleichgewicht gehalten werden soll, d. h. das Verhältniß Q : P muß sein = 1 : 64. Wiegt mithin P 64 Pfd. so wird Gleichgewicht stattfinden, wenn bei Q eine Kraft gleich der von 1 Pfd. wirkt, ist aber die Kraft Q nur um weniges größer als P, so wird sie P zu heben vermögen, oder ist a eine Welle und P durch ein Seil an sie befestigt, so wird P aufgezogen werden, indem sich dieß Seil um die Welle umschlingt. Es ist aber noch eins zu berücksichtigen. Dieß Getriebe c wird sich nämlich einmal herum bewegen, während B nur $\frac{1}{4}$ seines Umfanges zurücklegt, da nun C sich einmal um seine Axe herum dreht, während auch c einmal herum geht, so wird die Bewegung von B nur $\frac{1}{4}$ so schnell sein wie die von B, und eben so wird die Geschwindigkeit von C nur $\frac{1}{4}$ derjenigen von B = $\frac{1}{16}$ derjenigen von C sein. Mit A geht auch die Welle a einmal herum, während folglich C 16mal umgeht, dreht sich a nur einmal um, und da der Umfang von a = $\frac{1}{4}$ des Umfanges von C ist, so wird sich das Seil an P um 1 F. aufrollen, während sich das Seil, woran Q wirkt, um 64 F. abwickelt. Die Wirksamkeit der ganzen Maschine ist also die, daß man mit etwas über 1 Pfd. Kraft bei Q, 64 Pfd. bei P um 1 F. zu heben vermag, während Q 64 F. zurücklegt. In derselben Zeit endlich in welcher P 1 F. durchläuft, muß Q 64 F. durchlaufen. Hieraus folgt dann, daß Q zur Durchlaufung

Eines Fußes nur $\frac{1}{64}$ derjenigen Zeit bedarf, während welcher P 1 F. zurück legt, oder was dasselbe, daß sich die Zeiten, in welchen P und Q gleiche Wege zurück legen, verhalten, wie 64 : 1. Hiernach wird man nun folgende allgemeinere Betrachtung leicht verstehen.

Wenn mehre Räder so mit einander verbunden sind, daß eines dem andern eine Bewegung mittheilt, so muß sich im Falle des Gleichgewichts die Kraft (Fig. 108.) p am Umfange des Rades zur Last q an der letzten Welle verhalten wie das Product der Halbmesser aller Getriebe, die letzte Welle, woran die Last hängt, als das letzte Getriebe gerechnet, zum Product der Halbmesser aller Räder sich verhält. Fängt nämlich die Kraft p zu wirken an, so drückt der Triebstecken e den Zahn des Rades d mit einer Gewalt, die man = v setzen kann, und es ist dann $p : v = ca : cb$, mithin $v = \frac{cb}{ca} . p$. Diesen Druck kann man nun als eine Kraft betrachten, welche am folgenden Rade nach der Tangente wirkt, und der Triebstecken k drückt den Zahn l mit einer Gewalt, welche man = r annehmen kann; alsdann ergibt sich $v : r = fg : fh$, mithin $r = \frac{fh}{fg} . v = \frac{fh}{fg} . \frac{cb}{ca} . p$. Ferner kann man wiederum annehmen, daß dieser Druck r unmittelbar am Umfange des dritten Rades nach der Tangente wirkt, und es ist im Fall des Gleichgewichtes $r : q = in : im$ folglich $q = \frac{im}{in} . r = \frac{im}{in} . \frac{fh}{fg} . \frac{cb}{ca} . p$ oder $p : q = in . fg . ca : im . fh . cb$. Auf diese Weise gilt der Schluß von jeder Zahl der Räder auf die folgende um 1 größere Zahl. Die Factoren $\frac{im}{in} . \frac{fh}{fg} . \frac{cb}{ca}$ werden desto größer, je kleiner die Getriebe im Vergleich mit den damit verbundenen Rädern sind; folglich muß auch mit derselben Kraft p eine desto größere Last im Gleichgewicht erhalten werden können, je kleiner die Getriebe im Vergleich mit den damit verbundenen Rädern sind. — Wenn das erste Rad, an welchem sich die Kraft p befindet, Ein Mal herumgeht, so dreht sich alsdann der Punkt s des andern Rades nur bis h, wenn der Bogen sh = dem Umfang des ersten Getriebes ist, der Punkt o des anderen Getriebes bis g; zu gleicher Zeit kommt auch der Punkt t des dritten Rades in m, wenn mt = der Peripherie des anderen Getriebes und der Punkt u der Welle in n an, so daß bei Einem Umlaufe des ersten Rades die Last q um einen Weg steigt, der dem Bogen un gleich ist.

Nun hat man $2\pi . bc : sh = bc : ac$; $sh : tm = hf : fg$; $tm : un = im : in$, mithin $2\pi . bc : un = im . hf . bc : in . fg . ac = q : p$. Beim zusammengesetzten Räderwerk verhält sich also die Last zur Kraft umgekehrt, wie der Weg der Kraft zum Wege der Last. Man verliert also, wie beim Hebel, eben so viel an Raum und Geschwindigkeit als man an Kraft gewinnt.*) — Weil

*) In der Technik macht man vom Räderwerk zum Heben großer Lasten na-

ein jeder Zahn bei der wirklichen Bewegung einen Triebstecken vor sich her treibt, so wird auch das Getriebe einmal umlaufen müssen, wenn so viele Zähne fortgegangen sind, als das Getriebe Stecken hat. So viel Mal also die Anzahl der Triebstecken in der Anzahl der Zähne enthalten ist, so viel Mal wird auch das Getriebe in eben der Zeit umlaufen, in welcher das Rad einmal umläuft. Man findet also die Anzahl der Umläufe des Getriebes, wenn die Anzahl der Zähne durch die Anzahl der Triebstecken dividirt wird. Setzt man also die Anzahl der Triebstecken $= n$, und die Anzahl der Zähne $= m$, so ist die Anzahl der Umläufe des Getriebes gegen einen Umlauf des Rades $= \frac{m}{n}$. Wäre mit der Axe des Getriebes ein zweites Rad mit r Zähnen verbunden, welches in ein zweites Getriebe eingreift und die Anzahl der Stecken dieses Getriebes $= p$, so würde die Anzahl der Umläufe dieses Getriebes $= \frac{r}{p}$ sein, wenn das zweite Rad einmal umläuft. Nun kommen auf jeden Umlauf des ersten Rades $\frac{m}{n}$ Umläufe des zweiten; rechnet man also auf jeden Umlauf des zweiten Rades $\frac{r}{p}$ Umläufe des zweiten Getriebes, so werden auf jeden Umlauf des ersten Rades $\frac{m}{n} \cdot \frac{r}{p}$ Umläufe des zweiten Getriebes kommen. Wenn noch mehre

---

mentlich bei den größern Kranichen Anwendung. Diese dienen insbesondre Schiffe aus- und einzuladen; sie haben im Allgemeinen die Gestalt eines Γ, so aber, daß der obere Balken gegen den untern in einem stumpfen Winkel geneigt ist. Ein Räderwerk hebt die Lasten senkrecht in die Höhe, so daß sie schwebend von der vorderen Spitze an einem Seile über eine Rolle herabhangen, und ein zweites Räderwerk ist bestimmt, den ganzen Kranich dann um seine Längenaxe zu drehen, so daß z. B. die auszuladenden Tonnen erst aus dem Schiffsraum gehoben, dann durch die Drehung des Kranichs über das feste Land gebracht, und hier wieder niedergelassen werden. Die schwersten Lasten kann man auf diese Weise mittelst zweier Kurbeln regieren. Vielleicht ist es eine ähnliche Maschine gewesen, von der im Alterthum erzählt wird, daß sie Archimed construirt habe, und daß mit ihr König Hiero ein ganzes Schiff mit einer Hand hob. Als sich Hiero wunderte, soll Archimed gesagt haben: gib mir einen Punkt, wo ich stehe und ich will die ganze Erde in die Höhe heben. Man hat berechnet, daß 25 Räder mit 25 Pfd. Gewicht hinreichen würden, die Erde von einer Trillion Pfd. Gewicht im Gleichgewicht zu halten, da aber soviel an Zeit und Raum verloren wird, als man an Kraft gewinnt, so würde ein Mensch mit einer solchen Maschine ununterbrochen 300000 Jahre arbeiten müssen, um die Erde um $\frac{1}{80000}$ Zoll, d. i. um eine noch gar nicht sichtbare Höhe zu heben.

Räder in eben so viele Getriebe eingreifen, und jedes Rad mit dem Getriebe einerlei Welle hat, so läßt sich aus dem Angeführten leicht diese allgemeine Regel schließen: man dividire die Anzahl der Triebstecken eines jeden Getriebes in die Anzahl der Zähne desjenigen Rades, deren Zähne in das Getriebe eingreifen, und multiplicire alle Quotienten in einander. Dieses Produkt gibt die Anzahl der Umläufe des letzten Getriebes an, wenn das erste Rad einmal umläuft, z. B. wenn von drei Rädern das erstere 36, das andere 28 und das dritte 24 Zähne, die Getriebe aber, in die sie greifen, 6,7,6 Triebstecken haben, so läuft das letzte Getriebe $\frac{36}{6} \cdot \frac{28}{7} \cdot \frac{24}{6} = 6 \cdot 4 \cdot 4 = 96$ mal binnen der Zeit herum, da das erste Rad einmal umläuft. — Wenn es umgekehrt bekannt ist, wie vielmal das schnellste Rad umlaufen soll, indem das erste Rad einmal umläuft, so kann man auch daraus die Anzahl der Zähne und Triebstecken eines jeden Rades und Getriebes sehr leicht bestimmen. Hätte die Maschine nur Ein Rad und Getriebe, so sei die Anzahl der Zähne $= m$ und die Anzahl der Triebstecken $= n$; wäre nun r die Zahl der Umläufe des Getriebes gegen einen Umlauf des Rades, so muß $r = \frac{m}{n}$ sein. Daraus sieht man, daß die Anzahl der Triebstecken des Getriebes und die Anzahl der Zähne dadurch nicht bestimmt werde, sondern nur ihr Verhältniß gegen einander. Nachdem man also m oder n willkürlich annimmt, nachdem wird n oder m aus der Gleichung $r = \frac{m}{n}$ bestimmt. Denn man hat $rn = m$ und $n = \frac{m}{r}$. Erfordert aber die Maschine mehre Räder und Getriebe, so ist es auch hier leicht zu begreifen, daß man nicht bestimmt angeben könne, wie viele Zähne die Räder und wie viele Stecken die Getriebe haben sollen; vielmehr lassen sich hier eine Menge von Fällen gedenken, welche dem Verlangten ein Genüge leisten. Setzt man a, b, c die Zahlen der Zähne und α, β, γ die Zahlen der Triebstecken der Getriebe, und r die Anzahl der Umläufe des letzten Getriebes gegen einen Umlauf des ersten Rades, so muß $r = \frac{a}{\alpha} \cdot \frac{b}{\beta} \cdot \frac{c}{\gamma}$ sein. Man zerfälle demnach r in so viele Faktoren, als man Räder haben will. Ein jeder Faktor wird die Zahl der Umläufe eines Getriebes gegen einen Umlauf des in dasselbe eingreifenden Rades angeben, woraus die Anzahl der Zähne und der Triebstecken für jedes Rad und dazu gehöriges Getriebe, wie vorhin, gefunden wird. Z. B. soll das letzte Getriebe vierzigmal umlaufen, wenn das erste Rad einmal umläuft, so ist $40 = 5 \cdot 4 \cdot 2 = \frac{30}{6} \cdot \frac{28}{7} \cdot \frac{16}{8}$, und man kann drei Räder gebrauchen, wovon das eine 30, das andere 28 und das dritte 16 Zähne besitzen, wenn die Getriebe 6, 7, 8 Triebstecken haben.

Die Räderwerke werden nun beim Maschinenbau auf die allermannigfaltigste Weise in Anwendung gebracht, und es ist nicht möglich,

die unzähligen Modificationen anzuführen, in denen gezahnte Räder in Anwendung kommen können. Besondere Vorsichtsmaßregeln müssen im Allgemeinen bei Herstellung der Zähne angewendet werden, denn diese dürfen nicht mit völliger Genauigkeit in die Zwischenräume passend gearbeitet sein, weil dieses ein Abbrechen derselben nothwendig zur Folge haben müßte, noch dürfen sie zu weitläuftig stehen, so daß die Zwischenräume viel größer als die Räder sind, weil dieses ein Schlottern des Räderwerkes, ein Anschlagen der Zähne an die Triebstecken zur Folge haben würde, welches bald die Maschine zerstören müßte. Sie müssen im Allgemeinen so geformt sein, daß sie sich an den Fugen oder Stecken der Getriebe hinwälzen, ohne anzuschlagen. Man hat eine große Anzahl gelehrter Untersuchungen über die passendste Form der Zähne angestellt, aber der Mechaniker muß aus der Erfahrung abgenommene Kunstgriffe bei der Herstellung der Zähne befolgen. Um eine geradlinige Bewegung mittels Räderwerks hervorzubringen, kann man ein Zahnrad auch in eine gerade Stange eingreifen lassen, wie dieses Fig. 109. hinreichend ersehen läßt, und es ist klar, daß sich auch in dieser Hinsicht zahlreiche Modificationen anbringen lassen. Die gewöhnliche Fuhrmannswinde (Fig. 110.) ist ein Beispiel einer einfachen Maschine mit Rad, Getriebe und gezahnter Stange. Das Getriebe D wird mittelst einer Kurbel umgedreht, greift in das Zahnrad C, welches mit dem Getriebe B verbunden ist, das in die gezahnte Stange A greift, und diese hebt oder senkt, je nachdem man die Kurbel links oder rechts herum führt.

Reagentien. Die verschiedenen Stoffe unterscheiden sich von einander durch ihr chemisches Verhalten gegen einander, namentlich durch die verschieden gefärbten und sonst sich eigenthümlich verhaltenden Verbindungen, die sie mit einander eingehen. Man wird also z. B. zwei äußerlich keine Verschiedenheiten darbietenden Stoffe durch ihr Verhalten gegen einen dritten, mit dem sie verschieden gefärbte Verbindungen eingehen, unterscheiden können, und eben so wird man in einem zusammengesetzten Stoffe das Vorhandensein eines einfachen aus dem Verhalten desselben gegen andere bekannte Stoffe, mit denen man ihn zusammenbringt, erkennen. Jeder bekannte Stoff nun, der durch eine bestimmte Veränderung, die er durch einen andern mit ihm zusammengebrachten Stoff erleidet, diesen nach seiner chemischen Beschaffenheit erkennen läßt, heißt ein Reagens dieses Stoffes.

Regen ist das Wasser, welches in größeren oder geringeren Quantitäten in Tropfen aus der Atmosphäre auf die Oberfläche der Erde herabfällt. Die atmosphärische Luft ist fortwährend mit einer großen Quantität dampf- oder dunstförmigen Wassers erfüllt (s. d. Art. Atmosphäre S. 62.), weil sich fortwährend ein Theil des auf der Erde befindlichen Wassers in luftförmiger Gestalt in die Höhe hebt. (Vergleiche auch den Artikel Quelle.) Dieser Wasserdampf wird nun allemal zu Wasser concentrirt und fällt dann als solches vermöge seiner Schwere herab, wenn zwei mit ihm gesättigte Mengen

Luft von ungleicher Temperatur durch die fortwährend in der Atmosphäre stattfindenden Bewegungen untereinander gemischt werden. Die Luft kann nämlich bei einer bestimmten Temperatur jedesmal nur eine bestimmte Quantität Dampf enthalten, welche Fähigkeit der Luft ihre Capacität heißt; mischen sich nun zwei gleich große Luftmassen von verschiedenen Temperaturen, welche mit Wasserdampf gesättigt sind, so ererniedrigt sich die Temperatur bis zum Mittel aus den beiden vorigen, nicht aber kann die so entstandene Luft von mittlerer Temperatur dieselbe Quantität Wasserdampf enthalten, welche die vorher unvermischten Luftmassen zusammen enthielten, weil die Capacitäten nicht in demselben Verhältnisse, sondern schneller zunehmen, wie die Temperaturen. Im Art. Dampf S. 447. ist eine Tabelle mitgetheilt, welche die den Temperaturen entsprechenden Dichtigkeiten enthält. Gesetzt nun, es mischte sich eine gesättigte Luftmasse von 24° R. mit einer anderen von 8° R., so geben sie zusammen eine Luftmasse von 16° R. Die Dichte des Wasserdampfs bei 24° R. ist aber (nach jener Tabelle) = 0,000029, die bei 8° R. = 0,0000079 oder 0,000008, das Mittel aus beiden folglich $\frac{0,000029 + 0,000008}{2} = 0,000019$. Da aber bei 16° R. die Dichte nur 0,000015 ist, so muß folglich Wasserdampf von der Dichte 0,000019 — 0,000015 = 0,000004 frei werden, d. h. es muß ein wäßriger Niederschlag entstehen. Es werden sich Nebel als Wolken sammeln, aus denen endlich das Wasser in Tropfen herabfällt; kommen diese Tropfen beim Herabfallen durch wärmere mit Wasserdampf gesättigte Luftschichten, so erzeugen sie nahe um sich eine niedere Temperatur, welche neuen Niederschlag von Wasser zur Folge hat, das sich mit den Tropfen vereinigt, die daher immer mehr vergrößert, endlich die Oberfläche der Erde erreichen. Eine Condensation des Wasserdampfs und mithin Wolken und zuletzt Regenbildung, wird auch dann stattfinden, wenn sich schnell und in Menge Wasserdämpfe in die höheren und kühleren Regionen der Atmosphäre erheben, welche zu kalt sind, um das Wasser im Dampfzustande zu erhalten, und folglich einen Niederschlag bilden.

Eine eigenthümliche Regenbildung ist die, welche ohne Erscheinung von Gewölk am Himmel vor sich geht. In unsern Klimaten kommt diese Erscheinung nur während des Sommers vor, und gewöhnlich nur bei Untergang der Sonne. Man beobachtet sie vornehmlich in den Thälern oder in den niedrigen Ebenen in geringer Entfernung von Seen und Flüssen. Sie besteht in einem feinen Regen, ohne daß eine Wolke am Himmel gesehen wird, aus welcher derselbe herabkäme. In hohen Gegenden wird sie nur selten beobachtet. Während der Wärme des Tages geben alle feuchte Körper eine große Menge Dampf, der sich in der Luft vertheilt, ohne die Durchsichtigkeit derselben zu stören. Nehmen wir nun an, daß ungefähr gegen 5 oder 6 Uhr Nachmittags die Temperatur der atmosphärischen Luft etwa 20° sei, und daß der Dampf den sie enthält, eine gewisse Dichtigkeit besitze, so wird, wie die Sonne naher nach dem Horizonte herabsinkt, die Temperatur immer tiefer her-

abgehen, ohne daß sich die Dichtigkeit des Dampfes verändert, und wenn auf diese Weise die Temperatur bis auf 14 oder 15° herabgegangen ist, so kann der gesammte Dampf nicht mehr existiren, weil er eine größere Dichtigkeit besäße, als diejenige ist, welche der herrschenden Temperatur als Maximum entspricht; er wird sich daher zum Theil condensiren, und diese Condensation, welche nicht an einer einzelnen Stelle der Atmosphäre, sondern überall in derselben vor sich geht, tritt in der Erscheinung jenes feinen Regens in der Wolkenbildung auf.

Da das im Regen herabfallende Wasser vorher von der Erde in Dampfgestalt aufgestiegen ist, so ist es dem destillirten Wasser an Reinheit ähnlich. Indeß finden sich doch in ihm mancherlei Substanzen beigemischt, die es bei seinem Herabfallen aus der Atmosphäre in sich aufnimmt; denn da nicht bloß Wasserdampf in die Atmosphäre aufsteigt, sondern namentlich bei anhaltend trockener Witterung auch mancherlei andere Dünste, Rauch u. dgl., so kann sich das herabfallende Wasser mit diesen verunreinigen, und man findet daher eine solche Verunreinigung namentlich bei demjenigen Wasser, welches nach lange Zeit anhaltender Dürre zuerst als Regen herabfällt. Sonst ist das Regenwasser aber im Allgemeinen nur sehr wenig verunreinigt. Doch kommen mit oder ohne Begleitung von Wasser zuweilen auch die verschiedensten Substanzen aus der Atmosphäre herab, die man Blutregen, Schwefelregen, Aschenregen u. s. w. genannt hat, je nach den Substanzen, die wirklich oder nur nach einer irrthümlichen Meinung gleich Regen herabgekommen waren.

Um eine Vorstellung von den Umständen zu geben, unter denen diese Meteore bisweilen auftreten, führen wir als Beispiel den rothen Regen an, welcher den 14. März 1813 im Königreiche Neapel und den beiden Calabrien fiel. Sementini hat über das Phänomen folgenden Bericht erstattet: „Den 14. März 1813 sahen die Bewohner von Gerace bei einem Westwinde, der seit 2 Tagen wehte, eine dichte Wolke vom Meere nach dem Festlande zu kommen. Um zwei Uhr nach Mittag legte sich der Wind; aber die Wolke bedeckte schon die benachbarten Berge, und begann das Sonnenlicht abzuschneiden; die Farbe derselben, anfangs ein blasses Roth, wurde feuerroth. Die Stadt wurde darauf in eine so dichte Finsterniß gehüllt, daß man sich gegen 4 Uhr genöthigt sah, Licht in den Häusern anzuzünden. Das Volk erschreckt durch die Dunkelheit und die Farbe der Wolke, strömte in die Kirche, um zu beten. Die Dunkelheit nahm immer mehr zu, und der ganze Himmel zeigte die Farbe des rothglühenden Eisens; der Donner fing an zu rollen und das Meer vermehrte durch sein Tosen das Schrecken, obgleich es 6 Meilen von der Stadt entfernt war. Hierauf fielen dicke Tropfen eines röthlichen Regens, welche einige für Blut andere für Feuer hielten. Bei Annäherung der Nacht endlich begann sich die Luft zu erheitern, Blitz und Donner hörten auf, und das Volk beruhigte sich. Dasselbe Phänomen mit wenigen Verschiedenheiten und ohne Aufregung des Volkes fand nicht nur in den beiden Calabrien, sondern auch in der entgegengesetzten Grenze der Abbruzzen statt. Dieser Staub hat eine zimmetbraune Farbe und einen wenig merklichen

erdigen Geschmack, er fühlt sich wegen seiner Zartheit schmierig an, obgleich man durch die Lupe kleine harte dem Pyroxen (Augit) ähnliche Körper darin entdeckt, die jedoch dem Staube fremdartig und beim Aufsammeln vom Boden ihm zufällig beigemischt worden sind. In der Wärme wird er erst braun, nachher schwarz und endlich in der heftigsten Hitze roth. Nach der Einwirkung der Wärme zeigt er, auch schon dem unbewaffneten Auge, eine Menge kleiner glänzenden Plättchen, welche Katzengold (?) sind. Er braust dann mit den Säuren nicht mehr auf, und hat ungefähr $\frac{1}{10}$ seines Gewichtes verloren. Sein specif. Gew., wenn man ihn von den harten Körpern befreit hat, ist = 2,07 und er ist zusammengesetzt aus (in 100 Th.) nach folgendem Verhältniß: 33,0 Kieselerde, 15,5 Thonerde, 11,5 Kalk, 1,0 Chrom, 14,5 Eisen, 9,0 Kohlensäure, zusammen 84,5. Der Verlust kommt auf Rechnung einer harzigen Substanz von gelblicher Farbe, welche man erhält, wenn man den Staub mit Alkohol behandelt, und bis zur Trockne verdampfen läßt. Das Gewicht des Rückstandes entspricht ziemlich genau dem Verlust bei der Analyse. Diese harzige Materie ertheilt dem Staube die Eigenthümlichkeit mit Salpeter zu verbrennen."

Chladni hat eine Zusammenstellung aller derartigen Erscheinungen gegeben, welche in verschiedenen Orten beobachtet worden sind. Im J. 472 n. Chr. Geb. den 5. oder 6. Nov. fiel, wahrscheinlich in der Nähe von Constantinopel, eine große Menge schwarzen Staubes, der Himmel schien zu brennen, welche Erscheinung Einige vom Vesuv ableiteten. — 652. Zu Constantinopel Regen von rothem Staub. — 743. Ein Meteor und Staub an verschiedenen Orten. — In der Mitte des 9. Jahrh. rother Staub und eine dem geronnenen Blute ähnliche Materie. — 869. Rother Regen drei Tage lang in der Gegend von Brixen. (Vielleicht das vorhererwähnte Phänomen.) — 929. Rother Himmel und Fall von rothem Sande zu Bagdad. — 1056. Rother Schnee in Armenien. — 1110. Ein brennender Körper fiel in Armenien in der Provinz Waspouragan in den See von Wan, in einer finstern Nacht. Das Wasser ward bluthroth, und an verschiedenen Orten borst die Erde. — 1219 oder 1222. Rother Regen in der Gegend von Viterbo. — 1416. Rother Regen in in Böhmen. — In demselben Jahrhundert. Fall eines Steines und einer geronnenem Blut ähnlichen Masse zu Luzern, begleitet von der Erscheinung einer Feuerkugel. — 1501. Blutregen an mehren Orten. — 1543. Rother Regen in Westphalen. — 1548, 6. Nov. Fall einer Feuerkugel mit großem Geräusch, worauf man auf dem Boden eine dem geronnenen Blute ähnliche röthliche Substanz fand (wahrscheinlich in Thüringen). — 1557. In Pommern große breite Massen einer dem geronnenen Blute ähnlichen Substanz. — 1560 am Pfingsttage. Rother Regen zu Emden, Louvain u. s. w. — 1560, 24. Decbr. Zu Lillebonne Feuermeteor und rother Regen. — 1582, 5. Juli. Zu Rockhausen bei Erfurt Fall einer großen Menge einer fasrigen Substanz gleich Menschenhaaren, nach einem schrecklichen Unwetter, ähnlich denen, von welchen Erdbeben begleitet sind. — 1586, 3. Decbr. Zu Verden (in Hannover) Fall rother und schwärzlicher Materie unter

Blitz und Donner (Feuermeteor und Zerplatzen desselben). Diese Materie verbrannte das Holz, auf welches sie fiel. — 1591. Blutregen zu Orleans, Madeleine. — 1618 im Aug. Steinfall, Feuermeteor und Blutregen in Steyermark. — 1623, 12. Aug. Blutregen zu Strasburg. — 1637, 6. Decbr. Fall von vielem schwarzen Staube im Golf von Volo und in Syrien. — 1638. Rother Regen zu Tournay. — 1643 im Jan. Blutregen zu Wachingen und Weinsberg. — 1645, 23. oder 24. Jan. zu Bois le Duc. — 1650, 6. Oct. Rother Regen zu Brüssel. — 1652 im Mai. Eine kleberige Masse nach einem leuchtenden Meteor zwischen Sienna und Rom. — 1665, 23. März. Bei Laucha, unweit Naumburg fiel eine faserige Substanz, wie blaue Seide, in großer Quantität. — 1678, 19. März. Rother Regen bei Genua. — 1686, 31. Jan. Bei Rauden in Kurland, und zugleich in Norwegen und in Pommern eine große Menge einer häutigen Substanz, zerreiblich und schwärzlich wie halbverbranntes Papier. — 1689. Rother Staub zu Venedig. — 1711, 5. und 6. Mai. Regen (rother) zu Orsion in Schweden. — 1718, 24. März. Fall einer Feuerkugel auf der Insel Lethy (Indien), worauf man eine gallertartige Substanz fand. — 1719. Fall von Sand in das atlantische Meer, begleitet von einem leuchtenden Meteor. — 1721, Mitte März. Zu Stuttgard Meteor und rother Regen in großer Menge. — 1737, 21. Mai. Fall von Erde, welche der Magnet anzog, auf dem adriatischen Meere zwischen Monopoli und Lissa. — 1744. Rother Regen zu St. Piedro v. Arena bei Genua. — 1755, 20. Oct. Schwarzer Staub, welcher nicht von dem Hekla kam, auf Getland einer der Orkaden. — 1755, 13. Nov. Rother Himmel und rother Regen in verschiedenen Ländern. — 1763, 9 Oct. Rother Regen zu Cleve, Utrecht u. s. w. — 1765, 14. Nov. Rother Regen in der Picardie. — 1781. Weißer nicht vulkanischer Staub auf Sicilien. — 1792, 27., 28. und 29. Aug. ohne Unterbrechung. Regen einer der Asche ähnlichen Substanz in der Stadt Paz zu Peru. Dieses Phänomen konnte keinem Vulkan zugeschrieben werden. Man hatte Explosionen gehört, und den Himmel erleuchtet gesehen. Der Staub erregte heftige Kopfschmerzen und bei mehren Personen das Fieber. — 1796, 8. März. Man fand in der Lausitz nach dem Fall einer Feuerkugel eine klebrige Materie. — 1803, 5. und 6. März in Italien. Fall von rothem Staube, an einigen Orten trecken, an anderen feucht. — 1811 im Juli bei Heidelberg. Fall einer gallertartigen Substanz in Folge der Explosion eines leuchtenden Meteors. — 1813, 13. und 14. März in Calabrien, Toscana und Friaul. Fall von vielen rothem Staub und rothem Schnee unter großem Geräusch. Zu Cutro in Calabrien fielen in derselben Zeit Steine. — 1814, 3. und 4. Juli. Fall von vielen schwarzem Staube zu Canada unter Feuererscheinung. Das Ereigniß war ähnlich dem von 472. — 1814 in der Nacht vom 27. zum 28. Oct. im Thale von Oneglia bei Genua. Rother Regen. — 1814, 5. Nov. Man fand in Doab in Indien, daß jeder herabgefallene Stein in einen kleinen Haufen Staub eingehüllt war. — 1815, Ende Sept. Das Meer

im Süden von Indien war weithin mit Staub bedeckt, wahrscheinlich in Folge eines ähnlichen Falles. — 1816, 15. April. Rother Schnee in verschiedenen Gegenden des nördlichen Italiens. — 1819, 13. Aug. zu Amherst in Massachusets. In Folge eines leuchtenden Meteors fiel eine gallertartige und stinkende Masse. — 1819, 5. Sept. Zu Studein in Mähren zwischen 11 Uhr und Mittag. Bei heiterm und ruhigem Himmel regnete es aus einer kleinen isolirten, sehr hellen Wolke kleine Stücken Erde. — 1819, 5. Nov. Rother Regen in Flandern und Holland. — 1819, Nov. Zu Montreal und in dem nördlichen Theile der Vereinigten Staaten. Schwarzer Schnee und Regen, begleitet von außerordentlicher Verdunkelung des Himmels und Erscheinungen wie während eines Erdbebens, Getöse wie von Kanonenfeuer und Feuererscheinungen, die man für gewaltige Blitze hielt. — 1821, 3. Mai 9 Uhr Morgens. Rother Regen in der Gegend von Gießen. — 1824, 13. Aug., Stadt Mendoza in Buenos-Ayres. Staub aus einer schwarzen Wolke. In einer Entfernung von 40 Lieues entlud sich die Wolke noch einmal.

Chladni nimmt, wie es scheint an, daß die Mehrzahl der in diesem Verzeichnisse angeführten Meteore denselben Ursprung wie die Meteorsteine haben (s. d. Art. Steine vom Himmel); aber andere Physiker nehmen an, daß die Gewalt des Windes hinreichend ist, um auf der Oberfläche der Erde große Massen verschiedener Substanzen abzukehren, und in die bedeutenden Höhen der Atmosphäre empor zu führen. Diese letzte Meinung wird durch folgendes neuere Ereigniß unterstützt. In Persien in der Provinz Romoé unweit vom Berge Ararath fiel im April 1827 ein Regen von Fruchtkörnern, der an einigen Orten die Erde bis zu einer Höhe von 6 Zoll bedeckte. Die Schafe fraßen davon, und darauf bereiteten die Menschen ein ziemlich schmackhaftes Brod daraus. Desfontains untersuchte eine nach Frankreich geschickte Probe, und erklärte sie für Früchte von Lichen lecidea. Hieran schließen sich noch andere Nachrichten vom Herabfall von Früchten, ja sogar von Thieren. So sollen 1686 in Curland knollenartige Gewächse herabgefallen sein, und ähnliche Früchte fielen am 19. und 20. Juni 1823 auf der Herrschaft Starkenbach in Böhmen während eines Gewitters. Sie wurden gegessen, und man hielt sie für Knollen der Ranunculus ficaria. Auch in Schlesien sollen mehremal ähnliche Früchte herabgefallen sein, andere Früchte fielen 1822 bei Marienwerder und später bei Brieg. Am 27. Juli 1802 regnete es Früchte zu Leon, nach Jacquin ebenfalls Ranunculus ficaria. Am 8. Juli 1825 fielen Früchte wie Hagel bei Landshut in Schlesien. Im Jahre 1804 fiel in Andalusien eine Menge Korn vom Himmel, nachher erfuhr man, daß dasselbe der Sturmwind von einer Tenne in Tanger weggeführt hatte. Nach Göppert, der sich besonders auf ein 1830 in Schlesien vorgefallenes Ereigniß beruft, kommen die Knollen der Ranunculus fic. in den meisten Fällen gar nicht mit dem Regen herab, sondern werden nur durch ihn entblößt und vom Wasser fortgeschwemmt, woraus dann der Glaube entsteht, daß sie mit dem Regen vom Himmel gefallen wären. Aehnliche Kornregen sind am 28. Juli 1736 zu Bielitz in Schlesien, 1550 in Thüringen, 1570 in Ober-

baiern, 1571 bei Breslau, 1548 bei Klagenfurth, 1571 und 1691 zu Gottleberg und Villach vorgekommen. Auch die sogenannten Schwefelregen sind in der Regel nur ein Herabkommen durch den Wind fortgeführten Blüthenstaubes, und eine große Anzahl der im Vorigen erwähnten gefärbten Regen mag einen derartigen Ursprung haben. Doch will man auch das Regnen wirklichen Schwefels bemerkt haben, wie am 24. Mai 1801 in der Gegend von Rastadt. Es fiel Hagel und Regen, und nachher fand man in einem Gefäße oben auf Schwefel schwimmen, der an einem Stäbchen brannte. Ein Beispiel vom Regnen erwiesenen Blüthenstaubes gibt die Erscheinung, welche am 24. Mai 1804 bei Kopenhagen beobachtet wurde. Ein gelber Staub fiel während eines Gewitters, und es erwieß sich hernach, daß es derselbe Blüthenstaub sei, welchen ein Sturmwind von der 8 Meilen entfernten Insel Amah entführt hatte. Ferner fiel am 19. April 1761 in der Gegend von Bourdeaux Regen, der mit vielem gelben Pulver gefärbt war, welches die Pariser Akademie, der man Proben vorgelegt, für Blüthenstaub der Tannen erklärte. Es kommen sehr viele Erzählungen von ähnlichen Erscheinungen vor. Besonders merkwürdig sind aber die Fälle, wo es Thiere geregnet, wobei jedoch zu bemerken, daß hierbei leicht Täuschungen stattfinden können. So z. B. gibt es Mäusegattungen, welche sich scharenweise aus ihren Löchern aufmachen, und in Massen über die Felder herfallen, so daß es allerdings den Augenschein haben kann, als wären sie herabgeregnet. Frösche werden nach längerer Trockenheit durch den ersten Regen ebenfalls scharenweise hervorgelockt, und endlich ist es von den Heuschrecken bekannt, daß sie vom Winde getragen in Wolken ankommen, und in gewaltigen Massen die Fluren bedecken. Im J. 716 der Hedschra sollen aber nach oriental. Schriften bei Balbek Fische herabgefallen sein, welche gebraten wurden, und zu Sarmin eine Menge dicker Frösche; im J. 753 in Abyßinien, und 775 zu Schizer in Syrien Schlangen; im J. 833 endlich zu Hemes in Syrien eine die Dächer und Häuser bedeckende Menge grüner Frösche. Auch in Päonien und Dardanien soll eine große Menge Frösche, im Chersones drei Tage nacheinander Fische herabgefallen sein, und Eusthatius erzählt, daß einst am Fuße des Berges Marcu eine Menge Ratzen in die Höhe gehoben und gegen die Mauern der Stadt geschleudert worden seien. Sicherer sind die Nachrichten vom Herabfallen von Häringen zugleich mit salzigem Wasser, namentlich in Küstengegenden. Solche Ereignisse haben sich z. B. 1796 zu Lorn, 1821 zu Melford-House und 1817 zu Apin (alle drei in der Nähe von Edinburg) zugetragen. Das letzte Mal fielen viele tausend Häringe herab, welche 1½ bis 3 Zoll lang waren. Zu Monastereen in der Grafschaft Kildare fielen einst kleine Muscheln herab, und kleine Fische mit salzigem Wasser am 1. Juli 1822 im Hofe des Potockischen Pallastes zu St. Petersburg, 1806 eine große Menge Krabben in Oldenburg, und ähnliche Fälle werden noch viele erzählt. In unglaublichen Mengen sind Insekten vom Himmel gefallen. Bei Neusohl und Eperies in Ungarn soll am 20. Nov. 1672 mit vielem Schnee eine unzählige Menge gelber und schwarzer Raupen herabgefallen sein, welche noch 3 Tage leb-

ten. Aehnliche Insektenregen kamen am 10. Jan. 1818, am 22. Dec. 1819 und am 30. Jan. 1820 zu Hattau und Spachendorf in Schlesien vor, eben so am 17. Oct. 1827 zu Pokroff im Gouvernement Twer. Bei einem Raupenregen am 23. Dec. 1815 zu Valorbe war ein Viertel Juchert Land von diesen Thieren bedeckt, und zu St. Hermine in Fontenay waren die Einwohner genöthigt, Feuer vor den Häusern anzuzünden, um sich des Andrangs zu erwehren.

Daß sich die Regentropfen wie oben (S. 279.) angegeben wurde, vergrößern, wenn sie auf ihrem Wege nach der Erde durch wärmere Luftschichten gehen, ergibt sich aus einer großen Anzahl von Erscheinungen. Im Allgemeinen sind die durch den Nebel gebildeten Wassertropfen viel kleiner als die des Regens, weil der Nebel sich dicht an der Erde erzeugt, worin sein Unterschied von den Regenwolken besteht, also ein Herabfallen der Tropfen aus einiger Höhe hier gar nicht stattfindet. Im Winter sind die Regentropfen kleiner als im Sommer, und in kälteren Gegenden kleiner als in wärmeren, weil aus der kälteren Luft auch weniger Wasserdunst niedergeschlagen werden kann. Die größten Tropfen fallen im Sommer vor einem Hagelwetter. Hier sieht man schon aus der nachfolgenden Eisbildung, daß die Wassertropfen, welche herabfallen, viel kälter als die Luftschichten, durch welche sie gehen, sind, und es erfolgt daher ein starker Niederschlag aus diesen wärmeren Luftschichten an die durch sie hinfallenden Tropfen. Wahrscheinlich sind diese Tropfen in den unteren warmen Regionen geschmolzene Hagelkörner, welche aus sehr bedeutenden Höhen herabkommen. Die größten Regentropfen kommen in den heißesten, den Aequatoralgegenden vor. Hier sollen sie zuweilen einen Zoll im Durchmesser erlangen, und beim Auffallen auf die Haut eine sehr unangenehme Empfindung erzeugen. Am meisten aber wird die obige Meinung noch durch den Umstand bestätigt, daß man im Allgemeinen gefunden hat, daß bei jedem Regen die Wassermenge, welche auf einem niedriger gelegenen Orte auffält, größer ist, als die an einem höheren Orte sich sammelnde.

Bei Beobachtungen über die Quantität des herabfallenden Regenwassers bedient man sich eigener Instrumente, welche **Regenmesser** heißen. Fig. 111. stellt einen gewöhnlichen Regenmesser vor. Er besteht in einem Cylinder von 6 bis 8 Zoll Durchmesser, der aus einem Recipienten CC′ und einen Behälter SS′ zusammengesetzt ist. Der Recipient hat einen konisch zugehenden Boden, der bei O mit einer Oeffnung versehen ist, und ist an dem Behälter SS′ nach Art eines Bajonetts befestigt. In dem Boden des Behälters mündet eine Röhre T, welche wie die Fig. zeigt, gebogen ist, und eine gläserne Röhre VV′ aufnimmt, die senkrecht neben dem Cylinder in die Höhe geht. Diese Glasröhre ist in gleiche Theile getheilt und dient, um an ihr die Höhe des Wassers im Behälter zu beobachten. Man mißt genau die Fläche des Recipienten CC′, bestimmt den Rauminhalt des Behälters SS′, um zu wissen, wie groß die Quantität der im Behälter enthaltenen Flüssigkeit sei, im Vergleich mit den verschiedenen Höhen derselben in VV′. Mit Hilfe dieses Instrumentes kann man nun die Quantität

des Regens leicht berechnen, d. h. bestimmen, wie dick die Schicht gewesen sein würde, welche das Wasser in einem Gefäße mit ebenem und horizontalem Boden gebildet haben würde. Fig. 112. zeigt einen Regenmesser, welcher im Observatorium zu Paris aufgestellt ist. CC′ ist der Recipient, SS′ der Behälter, das Wasser fällt aus dem Recipienten in den Behälter durch die Röhre T, ein wenig unterhalb des Cylinders befindet sich ein cylinderförmiges Gefäß, welches sorgfältig geaicht ist, und auf seiner innern Wand Theilstriche trägt, welche in Centimetern die Höhe der Flüssigkeit anzeigen. Der Recipient hat einen Durchmesser von 76 Centimeter, und das untere Gefäß einen Durchmesser von 24 Centimeter, so daß die Oberfläche des letztern dem 10ten Theil der Oberfläche des erstern gleich ist. Man bedient sich auch noch kleiner graduirter Gefäße, um die kleinen Bruchtheile zu messen. Dieser Apparat steht mitten in dem Hofe des Observatoriums; er wird von einem kleinen eichenen Gestell getragen, welches eine Art Schrank bildet, in dem sich der Behälter, das untere Gefäß und die graduirten Gefäße befinden. Ein ähnlicher Apparat ist unterhalb der Terrasse des Observatoriums aufgestellt; sein Recipient befindet sich 28 Meter unterhalb des Recipienten auf dem Hofe, und beide Recipienten sind vollkommen frei und unbedeckt. Folgendes war das Resultat der Beobachtungen, die von 1817 bis 1829 mit Hilfe dieser beiden Instrumente angestellt worden sind. Die Quantitäten des Regens, welche auf dem Observatorium zu Paris gesammelt wurden, waren;

im Jahre	im Hofe	auf der Terrasse
1817	57 Centimeter	51 Centimeter
1818	52	43
1819	69	62
1820	43	38
1821	65	58
1822	48	42
1823	52	46
1824	65	57
1825	52	47
1826	47	41
1827	58	50
1828	63	59
1829	59	56
Mittel	56	50

Hiernach ist also für diese 13 Jahre die mittlere Quantität des Regens, welche jährlich zu Paris in dem Hofe des Observatoriums fällt, 56 Centimeter, während die mittlere Quantität, welche auf der

Terrasse fällt, nur 50 Centimeter ist. Diese Differenz ist nicht zufällig, weil sie jedes Jahr in demselben Sinne und fast mit demselben Werthe stattfindet. Hieraus folgt das bemerkenswerthe Resultat, daß zu Paris die Quantität des Regens, welche bei 28 Meter Höhe fällt, nur $\frac{5}{6}$ derjenigen ist, welche auf der Ebene fällt. Erklärung findet aber diese Erscheinung in den oben ausgesprochenem Umstand, daß die Wassertropfen während ihres Herabfallens durch die niedern Schichten der Atmosphäre, vermöge der von ihnen bewirkten Condensation des Wasserdampes an Größe zunehmen.*)

*) In Bezug auf die eben angeführten und in Folgenden enthaltenen Beobachtungen ist zu bemerken, daß bei den Regenmessern natürlich auch diejenigen Quantitäten Wasser mitgerechnet sind, welche gefroren herabkommen, da ihre Bildung im Allgemeinen dieselbe wie die des Regens ist.

Eine andere Einrichtung als die oben beschriebene hat der von Horner vorgeschlagene Regenmesser, der den Vorzug hat, daß das Gefäß niemals vom Regen überfüllt werden kann, und daß in ihm auch keine Verdunstung des Wassers stattfinden kann. Kämtz theilt von demselben nachstehende Beschreibung mit. Fig. 113. gibt eine perspective Ansicht dieses Regenmessers; Fig. 114. einen Querschnitt derselben. Aus der Röhre T, eines Trichters von beliebiger Größe, fließt das Regenwasser in eine Art Schiffchen A B von Weißblech, das bei C (Fig. 113. bis 116.) eine feste Scheidewand hat, und bei D und D′ zwischen zwei Spitzen so beweglich ist, daß es eine bedeutende Oberlast hat. Vermöge der letztern steht es nie horizontal, sondern fällt nach der einen oder andern Seite über, so daß immer eine der Abtheilungen senkrecht unter die Oeffnung des Trichters zu stehen kommt, wie die Lage in Fig. 113. es darstellt. Der Gang dieses Instrumentes ist nun leicht zu erkennen. Sobald die jetzt oben stehende Abtheilung des Schiffchens A sich soweit mit Wasser gefüllt hat, daß sie das Gewicht der andern leeren Hälfte, und den Widerstand, welchen das unterhalb stehende Räderwerk entgegensetzt, zu überwinden vermag, schlägt das Schiffchen um, und erhebt dadurch die andere Abtheilung B, die nun gleichfalls sich füllt, um bald umzuschlagen. Es bedarf also nur einer Einrichtung, um die abwechselnden Schwankungen des Schiffchens zu zählen, und dieß geschieht durch folgende Anordnung: EE ist ein Rad von 50 Zähnen, die, wie die Fig. zeigt, ziemlich niedrig und auf der einen Seite senkrecht abgesetzt sind, so daß der am Schiffchen befestigte Haken sich leicht über denselben hinschieben und mit Sicherheit das Rad rückwärts ziehen kann. Dieses findet statt bei jeder zweiten Ausleerung oder jedem Ueberschlagen von A. Indem B sich ausleert, wird der Haken F um einen Zahn vorgeschoben, und damit das Rad selbst hierdurch nicht aus seiner Stellung verrückt werde, ist an dem Ständer D′H der Hebel G angebracht, welcher mit einiger Schwere auf dem Rade aufliegt, so daß dasselbe wohl durch den Hebel F zurückgezogen, niemals aber nach der andern Seite bewegt werden kann. Die beiden krummgebogenen Drähte J und J′ (der letztere ist der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung abgebrochen) dienen, das Schiffchen in der einen und der andern Lage zu unterstützen, so daß der Grad seiner Neigung

Da der Regen von dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampfe abhängt, und dieser offenbar in einer um so größeren Masse sich erzeugt, je mehr durch die Wärme der Atmosphäre die Verdampfung des Wassers begünstigt wird, so müssen, wie dieses auch die Erfahrung bestätigt, im Allgemeinen die wärmern Länder reicher an Regen sein als die kälteren. Da hingegen der Niederfall des Regens in jedem einzel-

---

constant sei, eine Bedingung, die auch leicht auf anderem Wege zu erreichen ist. — Vermittelst des Rades EE lassen sich nun bis auf 50 Schwankungen oder 100 Ausleerungen des Schiffchens zählen, eine Größe, die auch für den stärksten Regen, der binnen 12 Stunden (z. B. die Nacht über) fallen möchte, mehr als hinreichend ist. Einigen Versuchen zu Folge füllt sich jede Kammer des Schiffchens vor dem Umschlagen bis auf etwa 1 Kubikzoll an. Gäbe man dem kreisförmigen Trichter etwa 10 Zoll Durchmesser so ist der Flächenraum seiner Oeffnung $78\frac{1}{2}$ Zoll; mithin würden die 100 Kubikzoll Wasser jenen Flächenraum etwa $\frac{5}{4}$ Zoll hoch anfüllen, was bereits ein bedeutender Regenguß wäre. Sollte er auch noch stärker sein, so wird man sich nie um $1\frac{1}{4}$ Zoll Regenhöhe irren können, und um aller Ungewißheit zu entgehen, dürfte man nur ein cylindrisches oder prismatisches Gefäß von etlichen Zollen Höhe und ein Paar Zollen Durchmesser neben dem Trichter aussetzen, in welchem die Wasserhöhe die Ganzen, das Rad die Theile angäbe. Man ist jedoch auch dieser Mühe überhoben, wenn man die sinnreiche Einrichtung der nachlaufenden Räder (hunting wheels) benutzt, wodurch weder die Belastung, noch die Reibung der Maschine auf eine so nachtheilige Art vermehrt wird, wie dieses durch Räderwerk der Fall wäre. Es befindet sich nämlich hinter dem Rade EE ein anderes Rad LL von 51 Zähnen, welches auf der Axe K (Fig. 113. und 114.) befestigt ist, während EE nur vermittelst einer Hülse auf derselben sich dreht, und durch den ebenfalls auf der Axe festen Zeiger Z gegen das Abgleiten gesichert ist. Beide Räder werden zugleich mit einander durch den Haken F fortgezogen und so wird, wenn das Rad EE um 50 Zähne versetzt worden ist, das hintere Rad LL noch um den 51. zurück sein, und der Weiser Z, welcher mit ihm in fester Verbindung steht, wird um einen Grad der Eintheilung zur Rechten des Nullpunktes stehen; bei einer folgenden Revolution des Rades EE um zwei Grade u. s. f., so daß man mit dieser einfachen Verrichtung 50 ganze Umläufe des Rades, mithin 50 mal 100, oder 5000 Ausleerungen des Schiffchens notirt finden kann, was für den Trichter von 10 Zoll Durchmesser einer Wasserhöhe von 64 Zoll gleich käme; also hinreichte, den Regen zweier Jahre zu messen. Daß dieser Regenmesser keinem andern an Genauigkeit nachstehe, ist leicht ersichtlich; es sind nämlich 100 Kubikzoll gleich einem Cylinder von 78,5 Quadratzoll Basis, und 1,273 Zoll Höhe; also eine Ausleerung gleich dem hundertsten Theil dieser Höhe, gleich 0,0127 Zoll oder 0,15 Linien. Der Werth eines Grades der Eintheilung oder die eigentliche Sprache des Instrumentes läßt sich jederzeit leicht ausmitteln, indem man ein genaues Flüssigkeitsmaß, dessen Capacität in angenommenen Kubiktheilen, z. B. Kubikzollen, durch Aichung oder durch geometrische Ausmessung bekannt ist, mehre Male nach einander in

nem Falle durch ein Herabgehen der Temperatur bedingt wird, so wird es in den Gegenden am öftersten regnen, wo die meisten Temperaturwechsel stattfinden. Dieß letztere ist insbesondere in den gemäßigten Klimaten der Fall. In den heißen wird es daher im Allgemeinen seltener als in den gemäßigten regnen, dann aber um so stärker, so daß doch im Ganzen mehr Regen in jenen als in diesen herabfällt. Ueber-

---

den Trichter ausgießt und die entspechenden Angaben des Rades damit vergleicht, eine Operation, die von Zeit zu Zeit wiederholt werden muß, um sich zu versichern, ob und wie viel etwa eingetretene stärkere Reibungen die Anfüllungen der Kammern des Schiffchens vermehrt hätten. — Die beigefügten Zeichnungen stellen das Instrument in der halben Größe dar. Der Boden derselben HH, so wie die Ränder HD sind von starkem Eisenblech, etwa 2 Linien dick. Alle Bewegungen gehen zwischen Schraubenspitzen. Das Schiffchen ist etwa 5 Zoll lang, 2 Zoll breit, und in der Mitte etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll hoch. Seine Form ist cylindrisch concav, weil die Erfahrung zeigte, daß bei einem planen Boden, ungeachtet der merklichen Senkung, beim Entleeren immer eine Wasserschicht von 1 bis 2 Linien Dicke liegen blieb, welche die Unterlast derselben auf eine unbequeme Weise vermehrt hätte. Die Länge der Kammern von der Scheidewand bis zum Auslauf ist etwa $2\frac{3}{4}$ Zoll, und dürfte wohl auf 3 Zoll gehen, weil dadurch die Hebelwirkung des Wassers vor dem Auslaufen vermehrt wird. Als Zeiger für die einzelnen Eintheilungen kann man die Schärfe des Hebels G gebrauchen, oder auch irgend anderswo am Gestell auf einen festen Weiser anbringen, während der Zeiger Z die ganzen Umläufe des Rades, oder die Hunderte der Entleerungen angibt. Da jeder Grad der Eintheilung zwei Entleerungen gleich ist, so muß die Angabe des Hebels G verdoppelt werden, und wenn zugleich die Abtheilung B es ist, die zuletzt umgeschlagen (wie die Fig. es darstellt), so muß zu dieser Zahl noch 1 hinzugesetzt werden. Das Ganze ist schwarz gefirnißt, die Eintheilung auf der gezahnten Scheibe hingegen weiß auf schwarzem Grunde, wobei die Striche recht sicher vermittelst der Reißfeder mit Firnißfarbe gezogen werden können. Die Maschine kommt in ein Kästchen (Fig. 117.) von etwa 10 Zoll in Kanten zu stehen, das mit Glasfenstern und einer verschlossenen Thüre versehen, und auf welchem der Trichter T vermittelst eines flachen angelötheten Ringes oder Kragens befestigt ist. Im Boden derselben, senkrecht unter den Ausleerungen des Schiffchens sind Löcher groß genug, um dem Wasser freien Abzug zu gestatten. Das ganze Gehäuse ist stark mit Oelfarbe angestrichen, um den Einflüssen der Witterung desto besser zu widerstehen, es könnte auch ganz von Blech verfertigt werden. Die Aussetzung des Regenmessers hängt von Oertlichkeiten ab, nur muß er solid befestigt sein. Der Auffangungstrichter muß ziemlich steil von Steigung sein, damit die oft langsam einfallenden Regentropfen nicht einzeln auf dem Abhange liegen bleiben und verdunsten, oben muß er einen aufrechten cylindrischen Rand Rand haben, dessen innerer Durchmesser an mehren Stellen sorgfältig nachgemessen werden muß. — Es sei nun a der Flächenraum, welcher diesem Durchmesser zukommt; M das gebrauchte Flüssigkeitsmaß in Kubikzollen;

dieß ist im Allgemeinen in den heißen Gegenden der Thau beträchtlicher als in den gemäßigten, weil er sich hier aus den des Nachts mit Wasser geschwängerten Luftschichten zunächst an der abgekühlten Erde niederschlägt. In den kalten Klimaten wird überhaupt nur selten und wenig Wasser aus der Atmosphäre niederfallen, und dieß in der Regel als Schnee. Es gibt jedoch namentlich in den heißen Gegenden Länderstrecken, in denen es nur sehr wenig oder gar nicht regnet. Dieß ist dann stets eine Folge örtlicher Verhältnisse, indem wo wenig Wasser verdunstet und selten ein Temperaturwechsel stattfindet, auch nur wenig Wasser niederfallen kann. So ist schon nach den Zeugnissen der Alten in Aegypten das Regnen eine seltene Erscheinung. Am östlichen Ufer der Indus in Tatta fiel 3 Jahre hindurch kein Regen; auch auf den canarischen Inseln fehlt der Regen oft zwei Jahre lang; in Fezzan und Lima, auf dem Küstenstriche von Peru, fehlt der Regen gänzlich; zu Cumana, La Guayra, auf den Margaretheninseln fallen nur im October und November wenige Tropfen; in der brasilischen Provinz Ciara fiel von 1792 bis 1796 kein Regen. In vielen

---

N die Zahl der Ausleerungen des Schiffchens, welche dieses Quantum Wasser erheischt, um durchzulaufen; n die Zahl der Ausleerungen nach einem Regen, und h die absolute Höhe des gefallenen Regens; so ist erstlich $\frac{M}{N}$ gleich dem Werth einer Ausleerung in Kubikzollen; mithin $n\frac{M}{N}$ gleich der auf die Trichteröffnung gefallenen Regenmenge, welche daselbst einem Wassercylinder von der Größe a h entsprechen würde; daraus folgt $h = \frac{n\,M}{a\,N}$. Hier sind M und a unveränderliche Größen; n ist vielleicht wegen Ungleichheit der Reibung einer kleinen Aenderung unterworfen, die wohl erst nach längeren Zeiträumen bemerkbar werden kann; mithin braucht man das jedesmal beobachtete n nur mit dem constanten Faktor $\frac{M}{aN}$ zu multipliciren, um h zu erhalten. Wäre z. B. M = 68 Kubikzoll; das ihm entsprechende N = 40; n = 13 und a = 78,5 Quadratzoll: so ist $\frac{M}{N} = 1{,}7$ Kubikzoll; $\frac{M}{Na} = 0{,}0218$, somit $n = n \times 0{,}0218 =$ 0,284 Zoll = 3,4 Linien Höhe. Wäre N nur = 39, so würde h = 0,289 Zoll; woraus erhellet, daß auch eine Aenderung der Reibung im Räderwerk auf das Resultat von geringem Einfluß wäre. Um jedoch auch gegen diese Besorgniß sich völlig zu sichern, möchte es für einen fleißigen Beobachter vorzüglicher sein, jenes zweite Rad von 51 Zähnen ganz wegzulassen, und dagegen dem Rade E E einen etwas größern Durchmesser, und 100 Zähne statt 50 zu geben. Zu bemerken ist noch, daß der am Schiffchen befestigte Hebel, welcher den Haken K in Bewegung setzt, so lang sein muß, daß er denselben um etwa $1\frac{1}{2}$ Zähne vorschiebt, damit das Umschlagen des Schiffchens durch keinerlei Widerstand gehindert werde, und der Haken den Zahn erst berühre, wenn jenes bereits einige Beschleunigung erhalten hat.

Gegenden mag der Regenmangel auch daher rühren, daß die mit Wasserdunst erfüllten Luftmassen sogleich wieder vom Winde fortgeführt und durch andere warme aus wasserleeren Gegenden kommende Luftmassen ersetzt werden.

In der heißen Zone regnet es im Allgemeinen nur in gewisser Zeit des Jahres, dann aber sehr bedeutend. Hier nämlich tritt die Regenzeit an die Stelle des Winters, indem das Herabgehen der Temperatur nur einen Niederschlag des in größter Quantität in der Luft enthaltenen Wasserdampfes zur Folge hat. Es wechselt hier sehr regelmäßig eine Zeit der völligen Dürre mit einer Zeit fast fortwährenden Regnens, welche Zeiten die Indianer Sonne und Regen nennen. Muncke gibt von dem Verlauf dieser Regenzeiten (vergl. d. Art. Jahreszeiten und Klima) nach Humboldt folgende allgemeine Beschreibung. Im amerikanischen Binnenlande östlich von den Cordilleren von Merida und Neu-Granada, in den Llanos von Venezuela und vom Rio Meta, vom 4. bis 10. Grade n. B. ist der Himmel vom Decbr. bis Febr. so vollkommen heiter, daß auch das geringste Wölkchen die größte Aufmerksamkeit der Bewohner erregt. Gegen Anfang des März zeigt sich der Himmel minder dunkel, die Sterne erscheinen weniger hell, und hygroskopische Substanzen zeigen Spuren größerer Feuchtigkeit der Atmosphäre, der beständige NO-Wind (die Brise) wird durch Windstillen unterbrochen, und es sammeln sich Wolken in SSO., die sich zuweilen vom Horizonte loszureißen scheinen, und dann mit unglaublicher, der schwachen Bewegung der untern Luftschichten keineswegs angemessener Geschwindigkeit die obern Regionen des Himmels durchlaufen. Am Ende des März gewahrt man zuweilen gen Süden kleine elektrische Explosionen, wie phosphorische, auf eine einzige Dunstgruppe beschränkte Funken, es treten mehre Stunden anhaltende West- und Süd-West-Winde ein, und diese sind sichere Vorzeichen der beginnenden Regenzeit, die am Oronoko gegen Ende Aprils anfängt. Gleichzeitig erreicht die Hitze den höchsten Grad, die Luftelektricität, die sonst regelmäßig positiv zu sein pflegt, verschwindet, und geht zuweilen in negative über, und täglich herrschen Gewitter von den heftigsten Regengüssen begleitet. Es ist jedoch ein falsches Vorurtheil, wenn man glaubt, diese Regen dauerten ganze Tage oder Wochen ohne Unterbrechung, vielmehr vergeht kaum oder nie ein Tag, wo nicht die Sonne wieder hervorkommt, und die Hitze bei größter Feuchtigkeit der Luft einen unausstehlichen Grad erreicht. In der angegebenen Gegend erfolgt das Aufsteigen der Gewitter in der Regel zwei Stunden nach Mittag, höchst selten hört man den Donner am Morgen oder während der Nacht, und Nachtgewitter sind nur gewissen Flußthälern eigen, die ein besonderes Klima haben; eben so hört auch der Regen gegen Abend auf, da er gleich nach dem Anfange der Gewitter die größte Heftigkeit erreicht. Gleichzeitig hören die regelmäßigen NO-Winde auf oder wechseln mit den SW- oder SO-Winden, Vendavales, die in einigen Gegenden sich als heftige Stürme zeigen.*) — Ueberall findet es sich, daß die

*) In der Bai von Biafra unterhalb des Kaps Formosa fängt die Periode

periodischen Regen mit leichten Wolken und Nebel, und mit einer Veränderung des sonst gewöhnlichen Windes beginnen. Es ist ferner Regel, daß diese periodischen Regen mit dem Eintritt der Sonne in den Parallelkreis eines Ortes für diesen Ort beginnen. In Afrika unter dem Aequator bis zur Goldküste beginnt die Regenzeit in der Mitte des März, ebenso in der Gegend der Bai von Benin und am Cap St. Paul; von der Sierra-Leona bis Cap Apollonia Mitte April; in Guinea Anfangs Mai; an der Sierra-Leona Küste im Mai, am Senegal oder überhaupt von 12° n. Br. bis zum Wendekreise Anfang Juni, in Dar-Fur Mitte Juni, desgleichen auf dem nördlichen Theile der Mandingo-Terrasse, dagegen im Borru schon Mitte Mai und in Gondar schon Anfang März, in Calcutta Anfang Juni, in Luknow Mitte Juni, auf Java im October.

Aus der angezeigten Abhängigkeit der Regenzeit von dem höchsten Stand der Sonne ergibt sich, daß es für diejenigen Orte, für welche die Sonne jährlich zweimal durch den Parallelkreis geht, zwei Regenzeiten geben muß. Diese sind durch eine trockene Jahreszeit oder doch durch eine merkliche Verminderung des Regens geschieden. Ueber die Weite nach Norden und Süden, bis zu welcher die periodischen Regen sich erstrecken, fehlt es an Beobachtungen. Jedenfalls findet ein allmähliger Uebergang in unsere Klimate statt. So scheint in Ha-

---

der heftigen Stürme, der Tornados, schon in der ersten Hälfte des Februar an, und endigt in der Mitte des März, worauf die Regenzeit beginnt, die bis zur Mitte des Mai fortdauert. Auf diese folgen Nebel, bis ans Ende des Monats, die jedoch minder dicht sind, als in der Bai von Benin, es tritt dann heiteres Wetter ein, dauert bis zur Mitte Septembers bloß durch leichte Nebel unterbrochen fort, worauf dann die zweite, ungleich heftigere, Regenzeit anfängt, die bis Ende Octobers dauert. Nach dieser fängt wieder heiteres Wetter an, dort die schönste und angenehmste Jahreszeit, bis zum Wiederanfange der Frühlings-Tornados, die zwar eigentlich der Regenzeit vorangehen, nicht selten aber während ihrer ganzen Dauer herrschen. — Uebereinstimmend hiermit beschreibt Christie die periodischen Regen in Darwar. Dort ist der SW-Wind die herrschende Brise, aber die Regenwolken werden durch östliche Winde herbei getrieben. Einige heftige Gewitter, ausgezeichnet durch die Stärke der elektrischen Explosionen fallen zwar schon in den April und Mai, aber die eigentlichen Regen beginnen erst im Juni oder im Anfange des Juli. Dann wehen die südwestlichen regelmäßigen Winde zwar Vormittags, allein zwischen drei und fünf Uhr Nachmittags thürmen sich im Osten dunkle Wolken auf, bewegen sich unablässig dem Winde entgegen, überziehen den Himmel mit einer dichten schwarzen Masse, werden von häufigen Blitzen durchfurcht und erst, wenn sie ganz nahe gekommen sind, setzt sich der Wind plötzlich nach O. um, und treibt die Wolken herbei, die dann ihr Wasser oft mit Hagel vermischt, ausschütten. Der Wind wird demnächst veränderlich, bläst aus allen Richtungen; endlich gewinnt der westliche wieder die Oberhand, und das heitere Wetter kehrt mit ihm zurück. —

vannah der Charakter der period. Regen schon verwischt zu sein, in der Sahara scheinen sie ihre nördliche Grenze in etwa 16° N. zu haben. In Dongola in 18° N. sind die Regen nicht mehr regelmäßig: so gab es in Ambukol im J. 1829 nur fünf Regenschauer und nicht viel mehr im folgenden Jahre; diese Sommerregen werden in der Landstrecke Beheda (in der Nilkrümmung nordwestlich von Shendi) in 17° N. schon ziemlich regelmäßig und in Shendi sind die Regen schon heftig. Nördlicher scheint die Grenze in der Nähe des Meeres zu liegen, und auch in Nubien scheint sie sich fast bis 19° N. zu erstrecken, so daß diese Grenze im Innern Afrikas wahrscheinlich eine krumme gegen den Aequator convexe Linie bildet.*)

Eine Folge der großen Quantitäten Wasser welche bei den periodischen Regen herabfällt, ist ein Anschwellen der Flüsse in jenen Gegenden, welches eben so regelmäßig wie die Regen selbst ist, und sich daher auch von dem Stande der Sonne abhängig zeigt. Häuft sich das Wasser in großen Flüssen an, so geht die Anschwellung bis zur Mündung der Ströme, selbst wenn diese bis über die Gegenden des periodischen Regens selbst hinausgehen. Vom Nil ist dieses periodenweise Anschwellen seit den ältesten Zeiten bekannt, aber wie der Nil so verhalten sich alle Flüsse der Tropengegenden.

In den höheren Breiten erfolgen das ganze Jahr hindurch hydrometeorische Niederschläge, so daß es keine besondere Regenzeit mehr gibt. Indeß ist die Regenmenge in den verschiedenen Monaten nicht gleich, und hierin zeigt sich namentlich in Portugal, Italien und dem südlichen Frankreich noch eine Annäherung an die periodischen Regen. In Portugal fällt während des Sommers nur etwa $\frac{1}{12}$ so viel Regen als während des Winters, so daß im Sommer die Regen fast ganz verschwinden, während sie im Winter sehr bedeutend sind.

*) Von dem allgemeinen Gange macht Hindostan eine Ausnahme. Die Westküste dieser Halbinsel hat ihre nasse Jahreszeit während des SW=, die östliche während der NO=Moussons (Passatwinde im indischen Meere s. d. Art. Wind.) Indem nämlich (sagt Kämtz) der vom Meere kommende SW=Wind an der Küste Malabar durch die Ghats (Gebirgskette Ostindiens) aufgehalten wird, häuft sich dort eine Menge von Dämpfen an, die in den höheren Regionen condensirt werden und viele Regen und heftige Stürme verursachen, daß keine Schiffe landen können. Diese Stürme erstrecken sich oft 50 Lieues von der Küste, weiterhin ist der Himmel heiter. Ganz dasselbe erfolgt während der NO=Moussons an der Küste Coromandel, nur ist hier das Gebirge weniger steil und das Wetter weniger schlecht. Das Plateau von Decan nimmt an beiden Jahreszeiten Theil, nur kommt hier die Luft ziemlich trocken an, und daher sind die Regen nicht sehr bedeutend. Ebenso zeigt Ceylon diesen Gegensatz der Ost= und Westküste in einem kleineren Maßstabe. So wie die nasse Jahreszeit in Amerika und Afrika mit der Sonne fortrückt, so auch hier; die Regenzeit fängt in Calcutta am 2. Juni an, in Lucknow etwa 16 Tage später.

In dem übrigen Europa hängen die Regen durchaus mit den Winden zusammen. Die westlichen Winde kommen über weit ausgedehnte Meere, sind daher feucht und wenn diese in kältere Regionen kommen, so schlägt sich Wasser aus ihnen nieder. Im Gegensatze kommen die östlichen Winde über weit ausgebreitetere Ländermassen, enthalten daher nur wenig Wasserdampf, und bei denen die aus den kälteren Regionen in wärmere kommen, kann sich daher, wenn nicht besondere Umstände einwirken, kein Regen niederschlagen. Im Allgemeinen wird es daher bei westlichen Winden regnen, bei östlichen nicht; dieses bestätigt auch die Erfahrung. L. v. Buch hat aus Beobachtungen in Berlin gefunden, daß wenn man die Anzahl der sämmtlichen Niederschläge in Berlin = 100 setzt, folgende Vertheilung derselben gegen die Winde sich ergibt:

N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
4,1	4,0	4,9	4,9	10,2	32,8	24,8	14,4

Man sieht daß bei den N. und NO=Winden nur sehr wenige, bei den SW=Winden dagegen sehr viele Regen stattfinden. Ebenso wird dieses klar, wenn man eine Zusammenstellung betrachtet, auf wie viele Winde aus einer jeden Himmelsgegend, einmal Regen kommt:

N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
5,8	8,1	8,8	6,9	3,8	2,8	4,2	4,5

Hieraus folgt, daß jeder dritte S.W. Wind Regen bringt, während erst bei jedem neunten O. Wind es einmal regnet. Interessant ist es, das Verhältniß der Regen gegen die Winde in derselben Weise in Bezug auf die einzelnen Jahreszeiten zu vergleichen, während welches sich dasselbe nicht völlig gleich bleibt. Wenn es in Berlin einmal regnet, so ist die Zahl, wie oft jeder Wind wehen muß

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter	5,0	4,4	8,3	6,6	3,9	2,6	3,2	3,3
Frühling	3,8	4,6	11,1	7,8	4,2	3,0	3,8	5,1
Sommer	7,5	9,9	5,4	6,4	2,8	2,4	4,0	4,9
Herbst	10,3	9,2	24,1	6,6	4,5	3,2	5,8	4,0

Hieraus sieht man, daß es zwar in allen 4 Jahreszeiten bei den Süd- und West-Winden sehr viel regnet, bei den Nord- und Nordost-Winden dagegen im Winter und Frühling ungleich mehr als im Sommer und Herbst Regen auftritt, besonders auffällig ist die Differenz der Jahreszeiten beim Ostwinde, bei dem es im Sommer, wenn auch viel seltener als beim SW=Winde, doch immer viel häufiger als im Herbst regnet. Im Herbst wird es bei Ostwind fast niemals regnen. Der Gegensatz zwischen den nordöstlichen und südwestlichen Winden in Bezug auf den Regen würde, wie Kämtz bemerkt, wahrscheinlich noch weit auffälliger sein, wenn durch die ganze Atmosphäre durchgängig in allen Höhen derselbe Wind herrschte. Eine Zusammenstellung gleichzeitiger Beobachtungen zeigt nicht selten, daß der SW=Wind an vielen Orten bereits herrscht, wenn es beim NO=Winde regnet. Der SW-Wind hat schon in den oberen Regionen und in den westlichen Gegen-

den das Uebergewicht erhalten, während der NO=Wind in der Tiefe noch fortdauert, um jenem in kurzer Zeit zu weichen. Unter solchen Verhältnissen ist es scheinbar der NO=Wind, in Wahrheit aber der SW=Wind, welcher den Regen bringt. Aber selbst wenn es beim NO=Winde regnet, zeigt sich meistens (nach Kämtz) ein bedeutender Unterschied in dem Verhalten des Regens bei NO= und SW=Winden. Wenn NO=Winde plötzlich das Uebergewicht erhalten, so sinkt die Temperatur schnell, Dämpfe werden in kurzer Zeit condensirt, der Regen fällt dicht und in großen Tropfen herab, bald aber hat das meiste Wasser den Boden erreicht, und es folgt heiterer Himmel. Regnet es bei SW=Winden, so ist der Regen meistens fein und hält lange Zeit an.

Auch Beobachtungen aus anderen Orten in Mitteleuropa bestätigen im Allgemeinen die Erfahrung, daß die westlichen und südlichen Winde diejenigen sind, bei denen es am häufigsten regnet, doch werden durch Localverhältnisse auch scheinbare Ausnahmen bedingt. In Mannheim z. B. ist vorzugsweise der Südwind der feuchteste, feuchter als der Westwind, weil die Dämpfe der westlichen Winde bereits auf der Westseite der Vogesen niedergeschlagen werden. Aus einem ähnlichen Grunde liegt der trockenste Wind in München und Prag zwischen Süden und Osten. Am auffälligsten aber ist die ebenfalls durch Oertlichkeiten bedingte Erscheinung, daß in Schweden und Finnland ein gegen das angegebene gerade umgekehrtes Verhältniß der Winde herrscht. Hier sind nämlich, entgegengesetzt dem mittleren Europa, die westlichen Winde am trockensten, die östlichen am feuchtesten. Die westlichen Winde sind feucht, weil sie auf der Westseite des Kammes der skandinavischen Alpen ihres Wassers sich bereits entledigt haben. In Petersburg herrscht ziemlich Gleichgewicht zwischen den westl. und östl. Winden, und ähnliches hat man auch in Moskau beobachtet.

In Bezug auf die jährlichen Regenmengen an den verschiedenen Orten Europas kann man im Allgemeinen das Gesetz anführen: daß sie abnehmen, je tiefer man ins Innere des Festlandes kommt. In England ist die Zahl der Regentage 160, in Deutschland gegen 150, in Ofen 110, in Casan 90. Einige Ausnahmen scheinen diejenigen Orte zu machen, wo das schwedische und mitteleuropäische Klima zusammenstoßen (wo es bei West= u. Ostwinden gleich oft regnet), indem hier die Zahl der Regentage wieder zuzunehmen scheint. So z. B. zählt man in Petersburg 168, in Moskau sogar 205 Regentage. Sehr selten werden die Regen in Sibirien, indem es in Irkutzk nur an 61, in Nertschinsk nur an an 54 Tagen wenig Regen gibt.

Vergleicht man die Regenmengen in Bezug auf ihre Vertheilung auf die einzelnen Jahreszeiten, so zeigt sich nach Untersuchungen von Gasparin und Kämtz in dem Theile Europas, welcher nördlich von den Pyrenäen, den Gebirgen der Auverge und den Alpen liegt, nur in England und in geringerer Entfernung von den Küsten ein Vorherrschen des Herbstregens, während weiter landeinwärts die Sommerregen vorherrschend werden; eine eigene klimatische Gruppe dagegen mit eigenthümlichem Gange des Regens bildet der gegen Afrika gerichtete Theil

von Europa. Vergleicht man die im Winter und Sommer herabfallenden Regenmengen der ersten klimatischen Gruppe Europas, so findet man, daß in England die Regenmengen im Winter und im Sommer gleich sind, weiter landeinwärts dagegen die Sommerregen bedeutender als die des Winters werden. Von den diese Gesetze bestätigenden einzelnen Beobachtungen, welche Kämtz zusammengestellt hat, theile ich nur diejenigen mit, welche sich auf Deutschland beziehen. Hier ergibt sich für die einzelnen Monate und Jahreszeiten, für verschiedene Beobachtungsorte folgende Zusammenstellung der Regenmengen.

Deutschland.

Monat.	Mannheim.	Carlsruhe.	Stuttgardt.	Tübingen.
Januar.....	1″ 6‴, 4	1″ 5‴, 0	1″ 1‴, 5	1″ 2‴, 5
Februar....	1. 0,8	1. 8,0	1. 10,2	0. 10,8
März.......	1. 3,9	1. 9,4	1. 3,6	1. 4,5
April.......	1. 9,7	1. 7,2	1. 4,3	1. 3,1
Mai........	1. 10,1	2. 2,2	2. 0,6	2. 5,8
Juni........	2. 6,3	2. 4,0	3. 2,4	3. 1,8
Juli........	2. 3,6	2. 11,8	2. 0,4	3. 2,7
August......	2. 0,2	2. 4,2	2. 8,5	3. 1,9
September.	2. 0,5	2. 1,2	2. 7,4	2. 2,5
October....	1. 10,3	1. 11,8	1. 10,0	1. 10,3
November..	1. 5,3	2. 1,9	1. 10,4	1. 8,2
December..	1. 3,0	2. 2,3	1. 9,7	1. 4,7
Jahr........	21. 0,1	24. 9,0	23. 9,0	23. 10,8
Winter.....	18,3	21,3	20,1	14,7
Frühling...	23,7	22,5	19,8	21,4
Sommer...	32,6	31,0	33,5	39,9
Herbst......	25,4	25,2	26,6	24,0

Monat.	Giengen.	Ulm.	Genkingen.	Würzburg.
Januar.....	1″ 7‴, 1			1″ 5‴, 0
Februar....	1. 1,1			1. 6,3
März.......	1. 4,8			1. 5,9
April.......	1. 4,1			1. 1,2
Mai........	3. 0,9			1. 3,0
Juni........	3. 6,7			1. 7,1
Juli........	2. 10,0			1. 2,3
August......	3. 2,9			1. 2,4
September	2. 1,1			1. 2,9
October ...	1. 9,4			0. 10,9
November..	2. 1,6			1. 0,1
December..	1. 4,1			0. 10,6
Jahr........	25. 5,8	25. 1, 9	35. 5, 7	14. 0,7
Winter.....	15,8	21,3	17,3	25,8
Frühling...	22,8	19,5	27,0	25,9
Sommer...	37,8	36,6	32,9	26,9
Herbst......	23,6	22,6	22,7	21,4

Monat.	Regensburg.	Tegernsee.	Ander.	Peißenberg.
Januar........	1″ 3‴, 2	2″ 2‴, 7	2″ 6‴, 0	0″ 10‴, 0
Februar........	1. 2,1	3. 0,3	1. 4,9	0. 11,0
März...........	1. 0,3	2. 5,1	2. 2,2	0. 9,5
April...........	0. 11,4	2. 4,1	2. 0,0	1. 0,5
Mai...........	1. 8,9	3. 4,2	2. 0,2	2. 5,4
Juni...........	2. 5,1	6. 9,8	4. 4 7	3. 4,8
Juli...........	3. 2,4	6. 8,0	3. 5,0	3. 6,8
August........	2. 9,8	6. 0,4	4. 0,3	2. 10,8
September....	1. 11,7	3. 5,4	1. 3,5	1. 7,8
October........	1. 5,4	3. 6,0	1. 3,3	1. 4,6
November.....	1. 4,8	1. 11,6	1. 4,4	0. 10,0
December......	1. 7,7	1. 11,1	1. 4,9	0. 11,1
Jahr...........	21. 0,8	43. 9,6	27. 3,9	20. 8,3
Winter.........	19,3	16,4	19,5	12,9
Frühling.......	17,7	18,5	22,7	20,7
Sommer.	40,1	44,7	43,3	47,7
Herbst.........	22,9	20,4	14,5	18,7

Monat.	Augsburg.	Göttingen.	Erfurt.	Sagan.	Prag.
Januar.....	2″ 4‴, 8	1″ 2‴, 5	0″ 6‴, 3	0″ 11‴, 7	0″ 5‴, 6
Februar....	2. 1,2	1. 7,6	0. 10,0	1. 1,1	1. 2,2
März.......	2. 3,5	1. 5,6	0. 6,7	1. 0,1	0. 8,0
April........	1. 9,0	1. 9,0	0. 11,3	0. 11,1	0. 9,3
Mai.........	4. 4,6	1. 4,3	1. 2,7	1. 0,0	2. 1,5
Juni........	4. 0,0	2. 5,1	1. 2,0	1. 10,1	0. 5,4
Juli.........	4. 11,4	3. 1,0	1. 9,7	2. 2,2	1. 3,7
August......	3. 11,7	3. 5,1	2. 2,2	1. 10,0	3. 6,3
September.	3. 4,8	2. 8,6	1. 1,2	1. 1,8	1. 4,4
October	3. 4,3	2. 0,2	0. 10,5	1. 5,2	1. 5,3
November..	2. 10,4	2. 0,8	0. 9,1	1. 1,5	1. 8,9
December .	2. 2,6	1. 8,9	0. 7,8	1. 2,9	0. 4,1
Jahr........	36. 8,3	24. 10,7	12. 6,8	15. 9,7	15. 4,7
Winter.....	18,3	18,4	15,5	20,9	12,9
Frühling...	23,0	18,1	21,7	18,5	23,2
Sommer ...	35,2	35,9	41,0	37,1	24,3
Herbst......	23,5	27,6	21,8	23,5	29,6

Man sieht, wie die Sommerregen in Deutschland bedeutend vorherrschen; nur in Würzburg ergeben die Beobachtungen ziemlich gleiche Regenmengen im Sommer und Winter, woran entweder Localursachen oder ein unregelmäßiger Gang der Jahre (1781 — 83 und 85 — 88) in welchen die Beobachtungen angestellt wurden, die Ursache ist. Nehmen wir das Mittel aus sämmtlichen in der Tafel mitgetheilten Verhältnissen, so ist die Vertheilung der gesammten jährlichen Regenmenge, wenn man dieselbe gleich 100 annimmt

Winter 18,2 Procent.
Frühling 21,6 "
Sommer 37,1 "
Herbst 23,2 "

Es verhält sich also der Sommerregen zum Herbstregen, wie 1 : 0,625, der Winterregen zum Sommerregen wie 1 : 2,042. Für das ganze mittlere Europa findet Kämtz folgende successive Veränderung der Regenverhältnisse:

	Sommer zu Herbst.	Winter. zu Sommer.
Westliches England	1 : 1,347	1 : 0,868
Oestliches England	1 : 1,172	1 : 1,131
Westliches Frankreich	1 : 1,327	1 : 1,071
Westrheinische Gruppe *)	1 : 0,917	1 : 1,540
Deutschland	1 : 0,625	1 : 2,042

Der Grund dieses Ueberganges liegt nach Kämtz in der Richtung der Regenwinde und in der Temperaturdifferenz zwischen dem Meere und dem Innern des Festlandes im Sommer oder im Winter. Wenn die SW-Winde mit Dämpfen geschwängert im Winter die Küsten des Festlandes erreichen, so treffen sie bald auf kältere Luftschichten, ein Theil ihrer Dämpfe wird condensirt, daher reichliche Winterregen in der Nähe der Küste. Diese Regen scheinen in einer Höhe gebildet zu werden, welche kleiner ist als diejenige, in welcher die Wolken gewöhnlich ziehen, zumal da die Luft in derselben Höhe bei der niedrigen Temperatur des Winters weniger Dämpfe enthält, als im Sommer. Kommen eben diese Winde im Sommer in das wärmere Festland, so können ihre Dämpfe weiter landeinwärts ziehen, die Wolken schweben im Allgemeinen weit höher als im Winter, und geringe Ungleichheiten des Bodens vermögen nicht so leicht Niederschläge zu erzeugen. Daher finden wir auch, daß in derselben Gegend die Sommerregen desto überwiegender werden, je weiter wir uns vom Boden entfernen; ein Theil der Winterregen entsteht schon unter den höher liegenden Punkten. Würtemberg und Baiern haben im Allgemeinen denselben Charakter der Jahreszeiten, aber dieser ändert sich mit der Höhe. Theilen wir die Orte beider Reiche in zwei Gruppen, deren erste sämmtliche Orte unter, die zweite über 2000 Fuß Meereshöhe enthält, so gehören zu jener Stuttgardt (847′), Tübingen (1010′), Regensburg (1043′), Ulm

*) Zur westrheinischen Gruppe rechnet Kämtz die Gegenden westlich vom Rhein, des nördlichen Frankreichs, Belgiens, eines Theils von Holland und den preuß. Rheinprovinzen, welche durch eine Linie nordöstlich von Bordeaux bis in die Nähe von Orleans und von da bis zum Rheine abgegrenzt werden.

(1432′) und Augsburg (1464′); zu dieser Tegernsee (2263′), Ander (2282′), Genkingen (2400′) und Peißenberg (3087′). Nehmen wir die mittlern Regenverhältnisse in beiden Gruppen, so erhalten wir:

	Unter 2000 Fuß.	Ueber 2000 Fuß.
Winter	18,2 Procent	16,5 Procent
Frühling	20,7	22,2
Sommer	37,2	42,2
Herbst	23,8	19,1

Das Verhältniß der Winterregen zu den Sommerregen ist an den tiefern Punkten 1 : 2,04; in der Höhe verwandelt es sich in 1 : 2,555. Diese Differenz hat ihren Grund vorzüglich in den reichen Niederschlägen im Sommer, während die Höhen des Regenmessers im Winter oben und unten nahe gleich sind. Da die Gebirgsgegenden aber stets reichlichere Niederschläge bedingen, so müssen wir annehmen, daß die Wolken im Winter nicht so hoch ziehen, widrigenfalls das Verhältniß mit der Höhe ungeändert bleiben müßte. — Sind Orte durch vorliegende Höhenzüge vor der Ankunft der feuchten S.W. Winde geschützt, so treten die Verhältnisse noch weit auffallender hervor; Erfurt, wo der Regenwind fast mit West zusammenfällt, hat wenig Regen, aber der thüringer Wald ist Ursache, daß die Regenmenge im Sommer dreimal (2,64 mal) größer ist, als die im Winter, und Prag, welches von allen Seiten nur Wolken erhalten kann, die über mehr oder weniger hohe Bergketten gegangen sind, zeigt dasselbe Verhältniß.

Im südlichen Europa wird durch Frankreich und Italien eine eigene klimatische Gruppe gebildet. Die Pyrenäen, das Plateau Spaniens und der Atlas verhindern (nach Kämtz) die reichliche Ankunft der Dämpfe vom atlantischen Meere; das Mittelmeer gibt das meiste Wasser für die Regen, und wir treffen hier von der Küste an ausgehend, eine ähnliche Vertheilung, wie in dem mittlern Europa. Aber die Nähe von Afrika läßt den Gegensatz zwischen Winter- und Sommerregen noch weit auffallender hervortreten, als in England. Der heiße Luftstrom, welcher von der Sahara aufsteigt, und sich nach Norden ausbreitet, verhindert den Niederschlag während des Sommers, daher regnet es dann wenig; so wie sich dieser Wind weiter nach Norden bewegt, werden durch die Ungleichheiten des Bodens partielle Ströme erzeugt, jener heiße Strom wird unwirksamer und die Condensation des Dampfes erfolgt leichter.*)

*) Kämtz macht darauf aufmerksam, von welchem wichtigen Einfluß die Vertheilung des Regens in die zwei Gruppen des südlichen und des mittleren Europas auf die Temperatur, auf den Wechsel der Sonnenhelle, und mithin auf das Pflanzenleben sind. Hieraus erklärt sich dann die große Verschiedenheit der Floren in beiden Hauptgruppen Europas. Schon längst, sagt er, ist darauf aufmerksam gemacht, daß die Flora des südlichen Frank-

Als allgemeine Naturgesetze in Bezug auf den Regen, zugleich als Resultate der von ihm angestellten von eben so viel Fleiß als Geist zeugenden Untersuchungen, spricht Kämtz folgendes aus:*) 1) In einī-

---

reichs bedeutend von der des mittleren abweiche; Pflanzen, die in großer Menge am Meeresufer wuchern, kommen bei Lyon nicht mehr fort; die mittlere Jahreswärme dieser Gegenden ist wenig verschieden: hierin kann der Grund der Differenz nicht liegen, eben sowenig in der geognostischen Verschiedenheit des Bodens. Wenn Pflanzen auch vorzugsweise auf einer Gesteinart fortkommen und auf andern fehlen, so werden dadurch zwar Differenzen in der Vertheilung dieser Species erzeugt, nie aber wird der Charakter der ganzen Flora geändert. De Candolle hat im zweiten Bande der Flore française eine Karte von Frankreich geliefert, auf welcher er mit Ausschluß der Gebirgsgegenden drei Floren unterscheidet, die des südwestlichen Frankreichs (Bordeaux, Toulouse, la Rochelle) die des mittleren Frankreichs, und endlich des südlichen Rhonethales. Man darf aber diese einzelnen Regionen nur mit den oben gegebenen Regenverhältnissen vergleichen, um sich zu überzeugen, daß letztere die Hauptrolle dabei spielen. — Eine völlig ähnliche Differenz zeigt uns Italien. In der Nähe von Genua gedeihen Palmen, nicht sowohl weil sie durch die Alpen vor den Nordwinden geschützt werden, da diese wahrscheinlich eben so vorherrschend sind, als in Padua, oder weil die Linien gleicher Wärme hier eine bedeutende Biegung erleiden, sondern weil die Sommerregen und damit die häufigen Temperaturdepressionen in dieser Jahreszeit fehlen. Daher ist die Flora von Genua eine ganz andere als die von Piemont; nicht die zwischenliegende Bergkette verhindert die Wanderung der Pflanzen, letztere wirkt nur mittelbar, indem sie eine Verschiedenheit der Klimate bedingt. Auch bemerkt bereits Saussüre die Differenz welche die Alpen erzeugen. Bei Aosta traf er die Celtis australis und viele Kräuter, welche nördlich von den Alpen nicht wachsen, namentlich Cynosurus echinatus, Chenopodium botrys, Cytisus nigricans, Salsola prostrata; der Wein ist hier trefflich, und das Vorkommen vieler Thiere warmer Länder (Cicaden, Mantis religiosa etc.) beweist die große Differenz des Klimas. — Eben dieser Einfluß des warmen Luftstromes läßt sich in den Höhen nachweisen, in denen einzelne Pflanzen auf den Alpen noch gedeihen. Wenn auch auf den südlichen Abhängen der Bergkette die Regen im Sommer reichlicher werden, so treffen wir hier doch mehr eine Annäherung an das italienische, auf den nördlichen Abhängen eine Annäherung an das deutsche Klima. Daher liegen die oberen Grenzen vieler Gewächse in Wallis und Savoyen bedeutend höher, als im nördlichen Theile der Alpen. Nach den Messungen von Horner und Buch verschwanden über Ammon oberhalb des wallenstädter Sees die Nußbäume in 2916′ Höhe, die Kirschen in 3337′, die Buchen in 4183′. Letzterer fand in Savoyen und Wallis für eben diese Grenzen respective 3564′, 4164′ und 4815′ Höhe.

*) L. F. Kämtz, Lehrbuch der Meteorologie. Erster Bd. Halle, 1831.

gen Gegenden der Erde regnet es fast gar nicht, indem die stark erwärmte Luft nicht so viel Dämpfe enthält, daß selbst bei starker Temperaturdepression ein Niederschlag stattfinden könne. Zu diesen gehören die großen, fast aller Vegetation beraubten Ebenen außerhalb der Wendekreise. Die Sahara bietet uns das merkwürdigste Beispiel dieser Art dar. — 2) Auf dem hohen Meere ist der Regen da sehr selten, wo der Passat mit großer Regelmäßigkeit weht. In den Gegenden, welche an der Polargrenze der Passate liegen, regnet es nur, wenn sich die Sonne in der entgegengesetzten Halbkugel befindet. An den Aequatorialgrenzen beider Passate dagegen finden das ganze Jahr hindurch reichliche Niederschläge statt. — 3) Zwischen den Wendekreisen gibt es nur zwei Jahreszeiten, die trockene und die nasse. Letztere findet dann Statt, wenn sich die Sonne in derselben Halbkugel befindet, in welcher der Ort liegt; die Grenze der Gegend, in welcher es regnet, rückt zugleich mit der Sonne nach Norden und nach Süden. Am stärksten scheinen die Regen an einem Orte dann zu sein, wenn sich die Sonne im Zenith desselben befindet. — 4) Nur Hindostan macht von dieser Regel eine Ausnahme, indem die Regenzeit auf der östlichen Küste zur Zeit des NO-Moussons, auf der westlichen zur Zeit des SW-Moussons Statt findet. Die Insel Ceylon zeigt uns diesen Wechsel im Kleinen ebenfalls. — 5) Das Verhalten des Regens zur Zeit der nassen Jahreszeit weicht von dem in unseren Gegenden sehr bedeutend ab. Während es in unsern Gegenden sehr häufig Tag und Nacht ohne Unterbrechung regnet, geht die Sonne zwischen den Wendekreisen bei heiterem Himmel auf, erst gegen Mittag bilden sich die Wolken, zur Zeit der größten Tageswärme erfolgt ein mehr oder minder starker Regen, und beim Sonnenuntergange ist der Himmel gewöhnlich heiter. — 6) Entfernt man sich an der Westküste des alten Continents gegen Norden, so finden wir in Portugal eine Region, in welcher die Sommerregen fast ganz fehlen, wahrscheinlich, weil der aufsteigende heiße Luftstrom der Sahara den Niederschlag in den oberen Schichten der Atmosphäre verhindert. — 7) Nördlich von den Pyrenäen dagegen finden wir fast das Jahr hindurch mehr oder weniger reichliche Niederschläge. — 8) Untersuchen wir die Bedingungen, unter denen sich der Regen in dem nördlich von Pyrenäen und Alpen liegenden Theile von Europa vorzüglich zeigt, so lassen sich hier zwei Gruppen von Klimaten unterscheiden, welche ich (Kämtz) die von Mittel-Europa und Schweden nenne. In jener regnet es vorzugsweise bei westlichen Winden, deren Richtungen in einzelnen Gegenden durch Gebirge abgeändert wird; indem aber diese westlichen Winde den Kamm der skandinavischen Gebirge erreichen, verlieren sie ihr Wasser, und daher sind in Schweden die östlichen Winde die regenbringenden. Dieses Verhältniß zeigt sich auch in Finnland, und läßt sich wahrscheinlich noch tief in das Innere von Rußland verfolgen. Petersburg und Moskau scheinen an der Grenze beider Gruppen von Klimaten zu liegen, und daher findet man an keinem von beiden Orten einen vorherrschenden Regenwind. — 9) Wenn wir von der Westküste Englands nach dem Innern von Europa übergehen, so nimmt sowohl die Menge des jährlich herabfallenden Wassers als auch die

Zahl der Regentage ab, und nur an der Grenze der erwähnten klimatischen Gruppen scheint die Zahl der Niederschläge bedeutender zu werden. — 10) Daneben ändert sich zugleich die Vertheilung des Regens im Jahre. An der Westküste Englands sind die Regen im Winter bedeutender als die im Sommer; so wie wir aber tiefer landeinwärts gehen, erhalten diese das Uebergewicht über jene. Am auffallendsten tritt dieser Gegensatz zwischen dem Continental- und See-Klima in Skandinavien hervor, indem westlich von der Bergkette die Winterregen sehr reichlich sind, während sie in Schweden fast ganz fehlen. Dieselbe Zunahme des Uebergewichts der Sommerregen, welche uns die Entfernung der Küste des atlantischen Meeres zeigt, treffen wir an, wenn wir höher in die Atmosphäre steigen. — 11) Eine besondere klimatische Gruppe bilden das südliche Frankreich und Italien. Der heiße Luftstrom der Sahara verhindert zur Zeit seiner größten Lebhaftigkeit im Sommer die Condensation der Dämpfe, und daher fehlen dann die Regen fast ganz. Steigen wir das Thal der Rhone aufwärts, so wird der Einfluß des Windes durch die Unebenheiten des Bodens geschwächt und die Sommerregen nehmen zu. Aehnliche Störungen bewirken die Apenninen in Italien, und daher haben Klima und Vegetation der Gegend von Genua einen ganz andern Charakter, als in der Lombardei. Verfolgt man aber die Vertheilung des Regens in der Ebene zwischen Alpen und Apenninen, so findet man auch hier dieselbe Zunahme der Sommerregen mit der Entfernung von der Küste, als im übrigen Europa. — 12) Der für Europa gegebene Gegensatz zwischen Continental- und See-Klima scheint sich auch in andern Welttheilen zu zeigen, wenigstens ist dieses der Fall an der Westküste Amerikas und in Neu-Holland. — 13) Künftige Beobachtungen müssen zeigen, ob wir an der Ostküste Amerikas einen allmähligen Uebergang von den Regenverhältnissen höherer Breiten zu denen der Aequinoctialgegenden finden, so daß wir an der Küste selbst weiter nach Süden ein immer größeres Uebergewicht der Sommerregen antreffen, bis wir endlich tropische Regen erhalten, oder ob die höheren Breiten von den niederen eben so wie an der Westküste Europas durch eine Region getrennt sind, in welcher die Sommerregen ganz fehlen.

So wechselnd in den einzelnen Jahren die Regenmengen an den einzelnen Orten auch sind, so lassen sich doch Mittel derselben angeben, über und unter welche selten um viel die wahre Regenmenge abweicht. Muncke hat daher mit Angabe der geogr. Breite (oder Polhöhe, welches gleich) folgende Tabelle nach den besten Autoritäten zusammengestellt, welche für den Geographen, Naturhistoriker und Meteorologen von gleich großem Interesse ist.

Orte.	Pol-höhe.	Höhe, par. Fuß.	Regen-menge, par. Zoll.	Regen-tage.	Autoritäten.
Aberdeen	57°,04	—	27,64	—	Innes.
Abo	60,50	—	24,14	146	Leche.
Alais	44,12	431	38,18	68	Arago.
Algier	36,81	—	25,8	—	Brisson.
Andex	48,15	2288	27,32	147	Kämtz.
Apenroe	55,05	38	21,07	179	Neuber.
Arles	43,67	—	22,30	107	Bret.
Augsburg	48,39	1464	36,68	148	Starck.
Auxerre	47,75	266	23,20	—	Moreau de Jonnes.
Avignon	43,95	85	23,05	—	Guerin.
Bancoorah	23,50	—	27,93	—	G. Macritchie.
Barrowby	53,80	—	23,74	—	Lloyd.
Bayeux	49,3	—	20,00	—	Moreau de Jonnes.
Baykullo	19,00	—	91,94	—	Ungenannter.
Bergamo	45,70	—	43,60	—	Mascheroni.
Bergen	60,70	—	{ 77,60	—	Schouw.
			83,16	—	Kämtz.
Berlin	52,52	115	19,60	171	Moreau de Jonnes.
Bern	46,95	1769	43,30	—	Gasparin.
Bernhard, St.	45,53	7668	59,23	107	Pictet.
Bezières	43,34	358	16,24	—	Bouillet u. Mairan.
Bologna	44,50	372	29,11	—	Gasparin.
Bombay	18,95	—	{ 78,34	—	Adie.
			90,67	—	Arago.
Bordeaux	44,83	—	24,3	150	Moreau de Jonnes.
Boston	42,42	—	22,32	—	Ungenannter.
Bourg en Bresse	46,20	—	43,33	—	Puvis.
Branxholm	55,85	—	29,50	—	Gasparin.
Breda	51,60	—	24,63	158	Hell.
Brescia	45,49	400	41,02	—	Rodella.
Breslau	51,15	400	23,9	—	Göppert.
Bridgewater	51,10	—	27,5	—	Dalton.
Bristol	51,46	—	21,89	—	Farr.
Brüssel	50,85	262	17,90	164	Gasparin.
Calcutta	22,57	—	{ 111,00	—	Cotte.
			71,25	—	Trail u. Pearse.
Cambray	50,17	—	16,04	—	Trécourt.
Cambridge	42,25	210	36,51	—	Kämtz.
Carbeth	56,00	—	39,09	—	Jameson.
Carlisle	54,95	—	24,31	209	Pitt.
Carlsruhe	48,99	380	25,55	174	Boeckmann.
Cayenne	4,93	—	109,87	—	Mentelle.
Charlestown	42,27	—	44,90	—	Lining.
Chattsworth	53,00	—	25,95	—	Kämtz.
Chioga	45,26	12	30,74	—	Bianelli.
Chur	46,83	1872	32,10	115	Schübler.
Coblenz	50,35	—	20,84	—	Mohr.
Coimbra	40,25	281	111,54	—	Lacerda Lobo.
Conegliano	45,78	—	44,25	—	Graziani.
Crawshawbooth	53,75	—	56,29	—	Dalton.
Cuba	21,30	—	85,85	—	Ramon de la Sagra.

Orte.	Polhöhe.	Höhe, par. Fuß.	Regenmenge, par. Zoll.	Regentage.	Autoritäten.
Cumana	10°,25	18	7,50	—	v. Humboldt.
Curhaven	53,87	28	29,2	145	Schübler.
Delft	52,15	—	26,10	—	Brisson.
Dijon	47,31	856	23,91	124	Maret.
Domingo	18,36	—	113,00	—	Cotte.
Dordrecht	51,78	—	36,60	—	Brisson.
Dover	51,12	—	44,10	—	Gasparin.
Dumfries	55,10	—	34,75	—	Copland.
Edinburg	55,93	—	23,50	—	Adie.
Epping	51,70	—	25,21	—	Squire.
Erfurt	50,98	585	12,57	128	Gasparin.
Fell-Foot	54,35	—	52,25	—	Dalton.
Florenz	43,77	255	38,80	—	Tartini.
Franecker	53,12	—	28,56	172	Van Swinden.
Freudenstadt	48,45	2175	57,10	—	Schübler.
Funchal	33,00	—	27,32	—	Heineken.
Fyfield	51,00	—	24,30	—	Dalton.
Garsdale	54,00	—	49,07	—	Dalton.
Genf	46,25	1252	28,81	103	Senebier.
Genkingen	48,42	2400	35,56	—	Schübler.
Genua	44,41	—	44,43	—	Kämtz.
Giengen	48,61	1440	25,60	143	Schübler.
Glasgow	55,85	—	20,10	—	Couper.
Gosport	50,83	—	27,89	—	Bourney.
Göttingen	51,52	412	24,90	162	Gatterer.
Granada	12,20	—	105,10	—	Cazand.
Guadaloupe	16,50	—	80,00	—	Moreau de Jonnes.
Haag	52,07	—	26,60	—	Brisson.
Hackney-Wick	51,57	—	22,80	—	Beaufoy.
Hagenau	48,82	443	25,05	166	Keller.
Harderwyck	52,34	—	26,10	—	Brisson.
Harlem	52,37	—	23,20	—	Brisson.
Havannah	23,00	—	85,73	—	Ramon de la Sagra.
Heidelberg	49,61	313	24,47	—	Muncke.
Joyeuse	44,46	600	47,91	97	Tardy de la Brossy.
Kandy	3,50	—	68,90	—	Tilloch.
Kendal	54,36	—	50,40	—	J. Dalton.
Keswick	54,51	—	63,32	—	Dalton.
Kimbolton	52,40	—	23,45	—	Dalton.
Kinfouns	56,89	—	23,17	148	Gray.
Knutsford	43,00	—	30,60	—	Stanley.
Kopenhagen	55,70	82	17,31 19,52	—	Bugge. Schouw.
Lancaster	54,05	—	37,25	168	Campbel.
Lausanne	46,52	1533	37,75	—	Gasparin.

Orte.	Pol-höhe.	Höhe, par. Fuß.	Regen-menge, par. Zoll.	Regen-tage.	Autoritäten.
Leiden	52°,15	—	49,88	107	Mufſchenbroek.
Lighton = Bazard	51,80	—	22,21	—	Tilloch.
Liſſabon	38,70	—	25,39	—	Franzini.
Liverpool	53,43	—	32,39	—	Hutchinſon.
London	51,50	162	23,40	—	Howard.
Lüneburg	53,25	—	24,00	—	Schübler.
Ludguam	51,10	—	38,46	—	Dalton.
Lund	55,71	—	18,10	—	Schenmark.
Lyndon	52,66	—	17,14	—	Barker.
Lyon	45,75	476	37,00	—	Briſſon.
Madeira	32,60	—	28,15	—	Heineken.
Maſtricht	50,81	—	70,01	—	Quetelet.
Mafra	38,93	—	41,54	—	Joaq. da Aſſumpçao Velha.
Mailand	45,47	394	36,50	—	Céſaris.
Malabar. Küſte	11,00	—	90,00	—	Le Gentil.
Malton	54,08	—	28,36	135	Stockton.
Man	54,30	—	34,83	145	Stewart.
Mancheſter	53,47	—	33,91	—	Dalton.
Mannheim	49,50	258	21,01	145	Hemmer.
Manosque	43,83	1200	21,98	—	Bouteille.
Mantua	45,07	—	28,77	—	Aſti.
Maranhao	2,5 S.	—	259,80	—	Pereira Lago.
Mariette	39,50	—	38,92	—	Silliman.
Maroſtica	45,30	—	40,90	—	Chiminello.
Marſeille	43,30	144	17,3	55	Arago.
Martinique	14,50	—	81,60	—	Moreau de Jonnes.
Maurice St.	45,68	1772	23,12	144	Gallot.
Metz	49,12	456	27,25	159	Le Gaux u. Laurian.
Middelburg	51,51	76	25,40	163	Gasparin.
Miſſiſippi	31,50	—	40,14	—	L. von Buch.
Montmorenci	48,50	—	21,50	148	Cotte.
Montpellier	43,60	—	30,40	85	Gasparin.
Mühlhauſen	47,81	708	28,30	164	Schübler.
Neapel	40,83	26	35,00	—	Moreau de Jonnes.
Near = Dunble	52,43	—	21,58	—	Dalton.
Near=Ware	51,80	—	23,46	—	Dalton.
New=Bedford	41,50	—	45,96	—	Silliman.
New=Haven	41,00	—	51,38	—	Silliman.
New=Orleans	29,95	—	39,00	—	Moreau de Jonnes.
Nimes	43,83	—	23,73	—	Baux und Valz.
Norwich	52,71	—	24,00	—	Dalton.
Ofen	47,50	—	16,04	112	Weiß und Bruna.
Orange	44,13	—	28,43	94	Gasparin.
Oxford	51,75	—	20,57	—	Robertſon.
Padua	45,50	56	34,55	126	Toaldo.
Palermo	38,15	—	20,80	—	Scina.
Paramatta	33,80 S.	—	28,10	—	Brisbane.

Orte.	Pol-höhe.	Höhe, par. Fuß.	Regen-menge, par. Zoll.	Regen-tage.	Autoritäten.
Paris	48°,83	262	{17,91 / 20,80}	160	Arago. / Gasparin.
Peißenberg	47,78	3145	20,70	—	Gasparin.
Penzanze	50,12	—	36,77	164	Giddy.
Petersburg	59,93	106	17,10	167	Kraft.
Petit - Ance auf Domingo	18,00	—	75,80	—	Moreau de Jonnes.
Philadelphia	39,93	—	{39,24 / 30,00}	— / —	Andrew Ellicot. / Ungenannter.
Pisa	43,72	51	34,50	—	Brisson.
Plymouth	50,36	—	29,10	—	Brisson.
Poitiers	46,57	—	22,17	—	de la Meziére.
Prag	50,08	592	15,40	109	Strnadt.
Regensburg	49,00	950	21,07	130	Placidus Heinrich.
Rio Janeiro	22,90 S.	—	55,60	—	Kämtz.
Rochelle	46,15	83	24,25	146	Seignette u. Fleuriau de Bellevue.
Rom	41,90	141	29,30	120	Calandrelli.
Rotterdam	51,92	—	21,20	187	Van Swinden.
Rovigo	45,25	—	30,82	—	Cittadini.
Sagan	51,70	387	15,80	192	Preus.
Salo	45,66	—	39,40	—	Avanzini.
Salzuffeln	52,07	254	26,90	—	Schübler.
San-Carlos	34,00 S.	511	95,00	—	v. Humboldt.
Selbourne	51,00	—	34,91	—	Dalton.
Seringapatam	12,00	—	22,22	—	Scarman.
Siena	43,36	—	32,05	—	Accad. di Siena.
Sierra-Leona-Küste	9,00	—	80,94	—	Kämtz.
South-Lambeth	51,25	—	21,30	—	Dalton.
Sparendam	52,34	—	31,57	—	Engelmann.
Stockholm	59,33	300	17,58	—	Ehrenbein.
Straßburg	48,57	450	25,57	153	Herrenschneider.
Stuttgard	48,77	837	23,75	155	Schübler.
Tegernsee	48,15	2324	43,80	170	Gasparin.
Tolmezzo	46,40	—	70,04	—	Spangaro.
Toulon	43,12	—	17,50	—	Gasparin.
Toulouse	43,60	446	23,66	—	Gasparin.
Townley	53,75	—	38,47	—	Dalton.
Trient	46,16	754	33,35	—	Eberle.
Trier	49,77	379	27,90	146	Schübler.
Triest	45,63	265	32,00	—	Schübler.
Troyes	48,30	—	22,40	140	Rondeau.
Tübingen	48,52	1010	23,90	110	Schübler.
Turin	45,07	738	24,86	100	Bonin.
Udine	46,15	66	59,57	—	Aequini.
Ulm	48,40	1130	25,15	—	Schübler.
Upminster	51,75	—	18,30	—	Dalton.
Upsala	59,85	—	14,41	—	Celsius, Hiörter.
Utrecht	52,68	—	23,20	—	Brisson.

Digitized by Google

Orte.	Polhöhe.	Höhe, par. Fuß.	Regenmenge, par. Zoll.	Regentage.	Autoritäten.
Vallerie, La	46,12	—	23,80	146	De Monroy.
Venedig	45,42	12	29,90	—	Schübler.
Vera Cruz	19,20	—	62,17	—	v. Humboldt.
Verona	45,43	157	34,56	84	Cagnoli.
Vicenza	45,45	—	41,06	—	Kämtz.
Vinoir, St.	—	—	23,94	—	Guillin.
Viviers	44,50	—	33,97	98	Flaugergues.
Waith-Sutton	54,48	—	43,16	—	Dalton.
Weißenburg	49,03	564	25,90	—	Schübler.
Westchester	39,94	—	44,01	—	Darlington.
Westerås	59,55	—	17,33	—	Schouw.
Widdrington	55,00	—	19,72	—	Dalton.
Wien (?)	—	—	44,80	—	Ungenannter.
Wien	48,20	451	16,00	114	Schübler.
Wittenberg	51,87	248	16,00	—	Brisson.
Würzburg	49,80	525	14,06	141	Egel.
Zürich	47,36	1251	32,18	—	Scheuchzer.
Zwanenburg	52,50	—	24,35	—	Cotte.

Die im gemeinen Leben gewöhnliche Eintheilung des Regens in Staubregen (sehr feiner Regen), Strichregen (aus einer einzelnen nur einen kleinen Raum treffenden Wolke), Landregen (weitverbreiteter und anhaltender Regen), Platzregen (starker heftiger Regen), Wolkenbruch (der heftigste Regen, wo das Wasser massenhaft herabstürzt), bezieht sich nur auf Quantität und Verbreitung.

Regenbogen ist der prächtige vielfach gefärbte Halbring, den man zuweilen am Himmel auf dem Horizonte aufstehend erblickt, wenn man den Rücken gegen die Sonne wendet und eine sich in Regen auflösende Wolke, welche zugleich lebhaft vom Sonnenlichte erleuchtet ist, betrachtet. Den hoch in die Lüfte sich erhebenden farbigen Bogen kann man als Theil der Grundfläche eines Kegels betrachten, dessen Spitze sich im Auge des Beobachters befindet, und dessen rückwärts verlängerte Axe genau den Mittelpunkt der Sonne trifft. Von dem Eintreten dieser Bedingung kann man sich leicht überzeugen, sowohl bei den schönen Regenbogen, welche der Regen der Wolken gibt, als auch bei den Regenbogen, welche minder vollständig im Regen von Wasserfällen und Springbrunnen entstehen. Diese Bedingung gibt auch die Stellungen, welche man in den beiden letzten Fällen einnehmen muß, um die Farben in allen Tropfen glänzen zu sehn, welche durch den Fall des Wassers gebildet und durch den Wind auseinander gestreut sind. Hiernach bleibt kein Zweifel übrig, daß die Erscheinung des Regenbogens die Folge einer eigenthümlichen Modification ist, welche

das Licht in den Wassertheilchen erleidet, und diese Modification kann keine andere als Brechung, Zerlegung in Farben und Zurückwerfung in den kugelförmigen Wassertropfen sein.

Um eine richtige Vorstellung von dem Gange der Sonnenstrahlen in einem flüssigen Kreise zu erhalten, kann man folgenden Versuch anstellen. VV' (Fig. 118.) stellt den Horizontaldurchschnitt des Ladens eines finstern Gemaches vor, durch welchen eine feine Oeffnung O geht. In einiger Entfernung hinter dem Laden und in der Höhe der Oeffnung bringe man ein Krystallgefäß mit Wasser und von cylindrischer Gestalt. Die Figur zeigt nur den Horizontaldurchschnitt des Gefäßes. Hierauf läßt man einen Sonnenstrahl in der Richtung OJ eindringen, und beobachtet von oben den Gang des Strahles im Innern des Wassers. Diese Flüssigkeit wird immer wenig genug hell sein, um den Gang des Lichtes wahrnehmen zu lassen. Man wird leicht sehen, daß der Strahl den Weg J, A, B, C, D, E, F.... nimmt, und daß er bei jedem Einfall auf die Wand zugleich Zurückwerfung und Brechung erleidet. Vermöge der Zurückwerfungen setzt das Licht den Weg in der Flüssigkeit fort, vermöge der Brechungen verliert es an Intensität und bringt austauchende Lichtbündel A', B', C', D', F'.... hervor, welche alle mehr oder weniger ausgebildete Farbenbilder sind, wie wenn der Strahl durch ein Prisma gebrochen (s. d. Art. Brechbarkeit) worden wäre. Nach 4 oder 5 Reflexionen werden diese ausfahrenden Lichtbündel noch eine bemerbare Intensität besitzen. Die hier auftretende Erscheinung wird ohne Zweifel in einem kugelrunden Regentropfen sich wiederholen, wie klein derselbe auch sein mag; denn die erste Einfallsebene bestimmt in dieser Kugel einen größten Kreis, innerhalb dessen der Strahl sich eben so bewegen wird, wie in dem Schnitte des Cylinders in dem eben angeführten Versuche. Die Eigenthümlichkeit, auf welcher nun nach dieser Voraussetzung die Erscheinung des Regenbogens beruht, ist folgende: Wir nehmen einen Strahl an, welcher eine innere Reflexion in B (Fig. 119.) erleidet, und dann ausfährt. Die Richtung, in welcher er ausstrahlt, EC wird mit der Richtung in welcher er einfällt SA, einen gewissen Winkel STE machen, welchen wir mit D bezeichnen, und welcher der Ablenkungswinkel heißt. Bezeichnet ferner i den Einfallswinkel SAN und den ihm gleichen Winkel OAT, ferner r den Brechungswinkel OAB und den ihm gleichen Winkel OBA, so hat man offenbar $OBA = BAT + BTA$ oder $r = i - r + \frac{1}{2}D$, folglich $D = 4r - 2i$. Die Eigenthümlichkeit um die es sich handelt, ist nun, daß diese Ablenkung eines Maximums (höchsten Grades) fähig ist. Dieß wird mit Hilfe der Differenzialrechnung nachgewiesen, indem man bemerkt, daß die Quantitäten i und r durch die Gleichung $\sin. i = n \sin. r$; und man findet so, daß dieser größte Werth der Ablenkung bei einem Einfallswinkel stattfindet, welcher durch die Gleichung $\cos. i = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{3}}$ bestimmt wird. Wir nehmen diese Resultate der Rechnung an, und versuchen nur nachzuweisen, wie diese Eigenthümlichkeit des Maximums die Er-

zeugung der Farben bedingt. Wir beobachten zunächst das rothe Licht. Für diese Farbenstufe des Sonnenlichtes ist der Brechungsexponent $n = \frac{108}{81}$. Setzt man diesen Werth in dem vorhergehenden Ausdrucke für cos. i, so erhält man i = 59° 23′ 30″ d. h. der rothe Strahl, welcher unter diesem Einfallswinkel einfällt, ist unter allen einfallenden rothen Strahlen derjenige, welcher das Maximum der Ablenkung erfährt, und diese Ablenkung ist 42° 1′ 40″. Nehmen wir an, sein Weg sei in SA'BCE (Fig. 119.) bezeichnet, und untersuchen wir jetzt den Weg zweier benachbarten Strahlen, von denen der eine etwas weniger, der andere etwas mehr schief einfällt. Weil ihre ausfahrenden Strahlen E′ und E″ eine etwas geringere Ablenkung erfahren, als die von E, so ist klar, daß sie merklich parallel mit E sind, folglich wird ein kleiner aus diesen Strahlen zusammengesetzter Lichtpinsel nach der Ausstrahlung sich fortpflanzen, ohne an Intensität zu verlieren, und wird also einen lebhaften Eindruck auf das Auge des Beobachters hervorzubringen vermögen. Im Gegentheil wird jeder andere ausstrahlende Lichtpinsel, der aus divergirenden Strahlen zusammengesetzt ist, nothwendig mit der Entfernung an Intensität verlieren und in der Entfernung, in welcher das Auge des Beobachters ihn empfangen kann, unmerklich werden.

Auf diesem Princip beruht die Erklärung aller Erscheinungen des Regenbogens, seiner Gestalt und der Anordnung seiner Farben. Um die Vorstellungen besser festzuhalten, nehmen wir an, daß die Strahlen der untergehenden Sonne eine Regenwolke beleuchten und daß ein Beobachter in der gehörigen Stellung sich befinde, um die Wolke zu beobachten, indem er der Sonne den Rücken zuwendet (Fig. 120.). Wir nehmen nun eine gerade Linie an, welche durch den Mittelpunkt der Sonne und durch das Auge des Beobachters geht, und sich gegen Osten ins Unendliche verlängert. Diese Linie wird nach unserer Voraussetzung horizontal sein. Wir nehmen ferner eine zweite Linie an, welche die erste in dem Auge des Beobachters schneidet, und mit ihr einen Winkel von 42° 1′ 40″ macht. Sie ist unbestimmt bis in die Wolke hinein verlängert. Endlich stellen wir uns vor, daß die zweite Linie um die erste sich herum bewegt, indem sie fortwährend die angegebenen Bedingungen erfüllt, und auf diese Weise die krumme Oberfläche eines Kegels beschreibt, von welcher nur die obere Hälfte in Betrachtung kommt. Diese Linie wird in jeder ihrer Stellungen einer Menge von Regentropfen begegnen. Wir richten jedoch unsere Aufmerksamkeit nur auf diejenigen, welche sie unter dem Ausstrahlungswinkel trifft, der das Maximum der Ablenkung für den rothen Strahl gibt. ABC sei einer dieser Tropfen; so ist der Lichtpinsel, welchen er vom Mittelpunkt der Sonne empfängt, horizontal und OH parallel in Bezug auf alle Strahlen, aus welchen er besteht. Es gibt einen Strahl SA, welcher, nachdem er in A gebrochen, in B zurückgeworfen, dann in C nochmals gebrochen worden, endlich in der Richtung EC ausstrahlt, und zwar mit dem Maximum der Ablenkung; denn da SA parallel OH ist, so ist der Ablenkungswinkel STE = EOH = 42° 1′ 40″. In dieser

Richtung folglich wird der Beobachter das rothe Licht des Farbenbildes wahrnehmen. Was so eben in Bezug auf den Mittelpunkt der Sonne gesagt wurde, findet auf alle Punkte der Sonnenscheibe Anwendung und wiederholt man diese Construction für jeden dieser Punkte, und namentlich für die beiden von den entgegengesetzten Rändern der Sonnenscheibe, welche von der Erde unter einem Winkel von 30′ gesehen werden, so ist klar, daß der Beobachter, dessen Auge für jeden Punkt der Sonne eine rothe Linie trifft, durch die Gesammtheit aller dieser Punkte einen rothen Streifen erblicken wird, der wie die Sonnenscheibe selbst vor dem Auge in einen Winkel von 30′ sich ausbreiten wird. Untersuchen wir jetzt auch die Ursache der andern Farben des Regenbogens und ihrer Anordnung. Da z. B. das violette Licht vor seinem Uebergange von Luft in Wasser einen Brechungsexponenten $= \frac{109}{81}$ hat, so ist klar, daß für dieses das Maximum der Ablenkung ein anderes, als für das rothe Licht ist und einem andern Einfallswinkel entspricht. Setzen wir in dem vorigen Ausdruck $\cos. i = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{3}}$ den Werth von $n = \frac{109}{81}$, so findet man $i = 58°$, für das Violett $D = 40° 17'$. Um also die Stelle des violetten Bogens zu erhalten, muß man durch das Auge des Beobachters eine Linie ziehen, welche mit OH einen Winkel von 40° 17′ macht, und übrigens ist klar, daß der violette Streif, wie der rothe, in einer dem Durchmesser der Sonne entsprechenden Breite von 30′ erscheinen wird. Alle zwischen Roth und Violett liegenden Farben des Sonnenbildes werden auf gleiche Weise Streifen von derselben Breite geben, aber sie werden in Höhen fallen, welche zwischen denen des Roth und Violett inne liegen. Durch Rechnung wird man leicht die wahre Stelle aller dieser Streifen bestimmen können, deßgleichen die Ausdehnung, in welcher sich einer über den anderen stellt, und mithin die Farbenstufen, welche gegen die Mitte des Regenbogens sich ergeben müssen. Als Resultat der ganzen Untersuchung sieht man, daß sich alle Farben des Regenbogens auf mehr oder weniger weit geöffneten konischen Oberflächen befinden, indem sie alle zur gemeinschaftlichen Axe die Linie haben, welche durch das Auge des Beobachters und den Mittelpunkt der Sonne geht; daß die Kegelfläche des Violett die innerste ist, indem sie mit der Axe einen Winkel von 40° 17′ macht; daß die Kegelfläche des Roth die äußerste ist, indem sie mit der Axe einen Winkel von 42° 2′ macht; daß die ganze Breite der Farben, mithin eine Ausdehnung von 1° 45′ einnimmt. Newton, der zuerst eine vollständige Erklärung des Regenbogens gegeben, hat alle diese Resultate durch Beobachtung bestätigt. Die Ausdehnung des Regenbogens, welche man wahrnimmt, hängt offenbar von der Höhe der Sonne über dem Horizont ab. Beim Untergange der Sonne wird man den Regenbogen im Osten erblicken, und derselbe wird für einen Beobachter in der Ebene einen ganzen Halbkreis darstellen; aber für einen Beobachter welcher sich auf der Spitze eines hohen Ber-

ges befindet, wird der Regenbogen noch über einen Halbkreis bilden; beim Aufgange der Sonne werden dieselben Phänomene auf der Westseite des Himmels auftreten. Je höher die Sonne über dem Horizont steht, desto kleiner ist die Ausdehnung des Bogens, welchen man wahrnimmt. Befindet sich die Sonne genau im Zenith, so wird man von der Spitze des Mastes eines Schiffes zu seinen Füßen auf dem Meere einen Regenbogen wahrnehmen können, welcher einen ganzen Kreisumfang bildet.

Außer dem so eben näher erklärten Regenbogen beobachtet man zuweilen noch einen zweiten, welchen man den äußeren nennt, weil er den ersten einschließt. Er wird durch dasjenige Licht hervor gebracht, welches zwei innere Reflexionen erlitten hat, wie Fig. 121. veranschaulicht. SABCDE ist der Weg des Strahls, welcher den äußern Regenbogen gibt; er fällt in der Richtung SA ein und fährt in der Richtung DE aus. Die Ablenkung STE, welche wir D′ nennen wollen, ist dann durch die Gleichung $D' = 6r - 2i - 180°$ gegeben, und sein Maximum entspricht einem Einfall, welcher durch $\cos. i = \sqrt{\frac{n^2 - 1}{8}}$ bestimmt ist. Stellt man die Rechnungen für das rothe und violette Licht an, deren Brechungsexponenten immer $n = \frac{108}{81}$ für das rothe, und $n = \frac{109}{81}$ für das violette sind, so findet man folgende Resultate:

Roth $i = 71° 50'$, $r = 45° 27'$, $D' = -50° 59'$
Violett $i = 71° 26'$, $r = 44° 47'$, $D' = -54° 9'$.

Das Minuszeichen, mit dem die Werthe D′ behaftet sind, zeigt an, daß die einfallenden und ausfahrenden Strahlen vor dem Wasserkügelchen sich schneiden. Bei dem zweiten Regenbogen ist also das Roth inwendig, und das Violett auswendig; die Farben sind in einer Ausdehnung von 3° 10′ entwickelt, so daß die Breite des zweiten Bogens beinahe die dreifache des ersten ist. Der Zwischenraum zwischen dem innern Roth des zweiten Bogens und dem äußern Roth des ersten, ist durch die Differenz der Ablenkungen gegeben, also $= 50° 59' - 42° 2' = 8° 57'$. Newton hat auch genaue Messungen angestellt, welche diese Resultate bestätigen. Es scheint, daß man unter besonders günstigen Umständen zuweilen noch einen dritten Regenbogen wahrgenommen hat, aber sein Licht ist immer nur sehr schwach, weil es eine zu große Anzahl innerer Reflexionen in den Regentropfen erfahren hat.

Auch der Mond kann Regenbogen bilden wie die Sonne, namentlich, wenn er voll ist und im vollkommensten Glanze am Himmel steht, aber im Vergleich mit den durch die Sonne hervorgebrachten Regenbogen, sind die Farben des vom Monde erzeugten immer nur sehr blaß.

Reif ist die bekannte Eisbildung, welche in unsern Klimaten an frischen Frühlings- und Herbstmorgen au der Oberfläche solcher festen

Körper beobachtet wird, welche der freien Luft ausgesetzt sind. Bei genauer Untersuchung zeigen sich die Eismassen des Reifes als bestehend aus regelmäßig krystallisirten Eistheilchen, deren Ecken Winkel von 60° bilden, und die häufig zu sehr schönen Figuren unter einander verbunden sind. Die Entstehung des Reifes ist eine doppelte; gewöhnlich ist nämlich derselbe nur gefrorner Thau (s. d. Art.). Die festen Körper nehmen nämlich während der Nacht eine Temperatur an, welche um einige Grad niedriger als die der Atmosphäre ist, aus welcher der Thau des Morgens niederfällt, und ist diese Temperatur einige Grad unter Null, so müssen die auf die Körper fallenden Thautropfen gefrieren. So wie sich der Himmel bewölkt, verdunstet dieser Reif in kurzer Zeit. Eine andere Art der Reifbildung kommt nicht nur zur Zeit der Thaubildung vor, sondern stets, wenn auf länger dauernde Kälte wärmere und feuchte Winde folgen. Dann schlägt sich die Feuchtigkeit der Luft in Gestalt feiner Eiskrystalle an den Körpern nieder, und bildet jene schönen Fäden, die namentlich bei Nebeln an den Aesten der Bäume auftreten, und Franzen oder Bärte bilden. Eine gleiche Entstehung haben auch die feinen Eistheilchen, welche an den Haupt- und Barthaaren binnen kurzer Zeit sich bilden, wenn man im Winter bei einiger Kälte in die freie Luft sich begibt. Die Haare erkalten nämlich und bereifen, indem sich aus dem warmen feuchten Athem die Feuchtigkeit an sie niederschlägt. Eine analoge Erscheinung ist auch die Bildung des Eises an den Fensterscheiben, welche durch die äußere Temperatur erkältet sind, so daß sich aus der wärmern und feuchten Zimmerluft die Feuchtigkeit an ihnen absetzt und sogleich Eiskrystalle bildet.

Resonanz (v. d. lat. resonare wiedertönen, zurückklingen), heißt das Mittönen elastischer Körper, wenn andere Körper klingen. Da nämlich jeder tönende Körper sich in einer schwingenden Bewegung befindet, welche er der ihn umgebenden Luft mittheilt, so wird durch diese auch jeder andere in der Nähe befindliche Körper in eine schwingende Bewegung gesetzt, welche unter den geeigneten Umständen als Ton auftritt, und da nämlich die schwingende Bewegung des erwähnten zweiten Körpers dem vom ersten erzeugten Tone entspricht, so wird der zweite Körper dann tönen, wenn er so beschaffen ist, daß durch ihn ein dem Tone des ersten Körpers gleicher Ton mit Leichtigkeit erzeugt werden kann. Am meisten ist dieses der Fall bei zwei gleich gestimmten Saiten; wenn man daher die eine dieser Saiten anschlägt, so tönt auch die andere, selbst wenn sie sich in einer nicht unbedeutenden Entfernung von der ersten befindet. Man kann dieses Mittönen augenfällig machen, wenn man auf eine Saite einer gestimmten Violine einen kleinen Papierreiter setzt. So wie man auf einer andern Violine dieselbe Saite streicht, fällt der Papierreiter von der Saite der ersten Violine herab wegen der Erschütterung, die dieselbe erleidet. Da die Fasern wohlausgetrockneten Holzes sehr elastisch sind, so klingen sie wie gespannte Saiten mit, sobald ein Ton angegeben wird, der ihrer Spannung und Länge entspricht. Hierauf beruht die Herstellung der Resonanzböden bei musikalischen Instrumenten. Da man bei den meisten dieser Instrumente

(Saiteninstrumente) eine große Mannigfaltigkeit von Tönen erzeugt, so müssen die Resonanzböden so eingerichtet sein, daß, wo möglich jeder Ton eine zu seiner Verstärkung beitragende hinlängliche Anzahl mitklingender Holzfasern findet. Daher werden in die Resonanzböden krumme Einschnitte (Schalllöcher) und Stege auf denselben angebracht, durch welche Fasern von mannigfach verschiedener Länge hergestellt werden. Gibt es in dem Resonanzboden eines Instrumentes für gewisse Töne eine große Anzahl mitklingender Fasern und für andere weniger, so spielt sich das Instrument aus den ersten Tönen reiner und stärker, als aus den andern. Da auch die Wände und Decken der Zimmer u. s. w. resoniren, so muß man bei Erbauung von Concertsälen, Kirchen u. s. w. darauf Rücksicht nehmen, daß das Mitklingen bei Aufführungen von Musiken förderlich, nicht hinderlich sei. Bekanntlich gibt es Concertsäle, in denen die musikalischen Sätze aus gewissen Grundtönen besser ins Ohr fallen, als die aus andern; der Grund ist, daß diese Säle in Folge ihrer Bauart für gewisse Töne mehr, als für andere Resonanz haben. Spröde und dabei elastische Körper klingen und sind nach den ihnen eigenthümlichen Tone zum Mitklingen für gewisse Töne am meisten geneigt; daher können ihre Theile durch einen Ton, der hinlänglich stark ist, in so starke Bewegung gesetzt werden, daß jene Körper zerspringen. Bekanntlich kann man z. B. auf diese Weise Gläser zersprengen, indem man den ihrer Stimmung entsprechenden Ton in sie hineinschreit.

Resultante (v. d. lat. resultare sich ergeben) heißt diejenige Kraft, welche vermöge ihrer Stärke und Richtung zwei oder mehre gegen einen Körper gerichtete Kräfte so ersetzen kann, daß ihre Wirkung ganz dieselbe wie die dieser Kräfte zusammen ist. Bekanntlich bezeichnet man jede auf einen Körper wirkende Kraft durch eine gerade Linie, deren Länge den Weg ausdrückt, den gemäß dieser Kraft der von ihr frei bewegte Körper in Einer Zeiteinheit zurücklegen wird, und deren Richtung die Richtung nach welcher diese Bewegungen erfolgen würde, bezeichnet. Wenn ferner zwei Kräfte auf einen Körper einwirken, und diese Kräfte in angegebener Weise bezeichnet sind, so ist die wirkliche Richtung und die wahre Länge des in Einer Zeiteinheit von einem so bewegten Körper zurückgelegten Weges bezeichnet durch die Diagonale eines aus jenen, die wirkenden Kräfte darstellenden, Linien construirten Parallelogramms. Bezeichnet also AB (Fig. 122.) die eine, BC die andere Kraft, so bewegt sich der Körper B durch BD, BD ist mithin die Resultante, und wenn jenen beiden Kräften AB und BC eine Kraft BD entgegen wirkte, so würde gar keine Bewegung erfolgen, oder der Körper würde, wie man sagt, im Gleichgewichte bleiben. Die Resultante mehrer auf einen Körper wirkenden Kräfte zu finden ist leicht, wenn man nach und nach die Resultanten je zweier Kräfte sucht, und die aus diesen resultirenden Kräfte wieder aufsucht mit der leichten Construction der Parallelogramme. Z. B. man habe den Punkt B (Fig. 123.), auf welchen die 5 Kräfte AB, CB, DB, EB und FB wirken, so hat man durch Construction des Parallelogramms AGCB

die Resultante BG aus AB und CB, und nun wieder durch Construct on der Parallelogramme BGHD, die Resultante BH aus BG und DB, ebenso aus BH und BE die Resultante BJ und aus BJ und FB, die Resultante BK als letzte aus allen 5 Kräften sich ergebende Resultante; d. h. der durch die Kräfte AB, CB, DB, EB und FB zugleich in Bewegung gesetzte Körper bewegt sich in der angenommenen Zeiteinheit z. B. in einer Secunde durch BK.

Rhodium eines der erst in der neueren Zeit (von Wollaston 1804) im Platin entdeckten Metalle, welches bis jetzt nur in Gestalt eines grauen Pulvers erhalten wurde. Dieses Pulver ist kaum in der stärksten Hitze einigermaßen schmelzbar, wo es dann Metallglanz und eine silberweiße Farbe annimmt. Sein spec. Gewicht ist ungefähr = 11,0. Es ist für sich in allen Säuren, auch in Königswasser unauflöslich, und löst sich in diesem nur in Verbindung mit andern Metallen. Beim Schmelzen des Metalles mit saurem schwefelsauren Kali wird es jedoch leicht oxydirt und aufgelöst. Man unterscheidet zwei Oxydationsstufen desselben, Rhodiumoxydul und Rhodiumoxyd. Das letzte bildet mit Säuren rothe und gelbe Salze. Man kennt verschiedene Verbindungen des Rhodiums mit Chlor, und eine mit Schwefel.

Ringkugel oder Armillarsphäre ist eine Zusammensetzung mehrer Ringe, welche die verschiedenen eingebildeten Linien der Himmelskugel darstellen, um deren gegenseitige Lage leicht zu veranschaulichen. In der Mitte des Kugelgerippes befindet sich ein kleiner Erdglobus.

Rolle ist ein einfaches Instrument, welches in der Mechanik eine sehr ausgedehnte Anwendung findet, und in einer Scheibe von Holz oder Metall besteht, durch deren Mitte eine feste Axe (Bolzen) geht, mit der die Scheibe beiderseits auf Zapfenlagern ruht, in denen sich dieselbe umdrehen kann. Der äußere Rand der Scheibe ist ringsum mit einer vertieften Rinne versehen, damit ein um die Rolle geschlungenes Seil nicht seitwärts abgleite. Die Zapfenlager befinden sich oft in einer eigenen Hülse, welche im Allgemeinen aus zwei nach der einen Seite hin fest mit einander verbundenen Schienen besteht, in denen sich die Zapfenlager befinden. Auf der Seite wo beide Schienen mit einander verbunden sind, befindet sich ein Haken oder eine Oese. Fig. 124. stellt eine solche an einem Nagel aufgehangene Rolle vor. Die Alten rechneten die Rolle zu den 6 einfachen Maschinen (s. d. Art. S. 606.), sie ist jedoch nichts anders als eine zusammengesetzte Anwendung des Hebels. Man unterscheidet feste und bewegliche Rollen. Alle Rollen werden zur Bewegung von Lasten angewendet, und eine feste Rolle ist eine solche, bei welcher die Rolle bei der Erhebung der Last nicht mit gehoben wird, eine bewegliche eine solche, bei der dieses der Fall ist. Hängt man die Rolle mit ihrer Oese an einen festen Haken wie Fig. 125. zeigt, und schlingt darüber ein Seil, an dem die Last L und

die Kraft K angebracht sind, so hat man offenbar einen Hebel ACB, gegen dessen Enden A und B die Kräfte K und L senkrecht wirken. Stellt K' die Kraft vor, so hat man einen Winkelhebel ACH, gegen dessen Enden die Kräfte senkrecht wirken, und eben so wenn die Kraft nach der Richtung OK'' wirkt, einen Winkelhebel ACO, gegen dessen Enden die Kräfte senkrecht wirken; denn stets wird das Seil eine Tangente an die Rolle bilden, wie irgend auch die Kraft angebracht sein mag. Alle sich bildenden Hebel haben ihren Ruhepunkt in C, und ihre Arme sind stets gleich dem Halbmesser der Rolle. Eine feste Rolle wirkt also wie ein gleicharmiger Hebel, d. h. Last und Kraft sind im Gleichgewichte, wenn sie gleich sind, und soll die Kraft die Last heben, so muß sie größer als diese sein. Hiernach hat die Anwendung einer festen Rolle keine Ersparung an Kraft zu Folge, im Gegentheil wird die Last noch um einiges vermehrt werden durch die unvermeidliche Reibung des Seils an der Rolle. Man sieht aber schon aus der Zeichnung, daß die feste Rolle ein Mittel gibt, die Anwendung der Kraft nach jeder beliebigen Richtung möglich zu machen, und dieß ist auch der Grund, aus dem man die feste Rolle in der Mechanik anwendet. Denn wenn man Kräfte anwenden will, so muß man dabei auf die Richtung Rücksicht nehmen, in der sie sich anbringen lassen. Pferde wirken z. B. am besten in horizontaler, Menschen in verticaler, todte Körper in senkrecht herabgehender Richtung.

Bei der beweglichen Rolle ist das Seil mit einem seiner Enden befestigt, z. B. (Fig. 126.) bei a, ist dann um die Rolle gelegt, an deren Haken die Last L hängt, und an das andere Ende des Seils ist die Kraft K angebracht. Die Last wirkt in der Richtung cJ. Sind die beiden Enden des Seils ab und Ke parallel cJ, so hat man offenbar einen Hebel ecb, gegen den bei c die Last, bei e die Kraft senkrecht wirkt und der bei b seinen Ruhepunkt hat. Nach dem Gesetze des Hebels (s. d. Art. S. 21.) ist folglich Last und Kraft im Gleichgewichte, wenn sich verhalten K : L = cb : eb d. h. = 1 : 2. Bei Anwendung einer Rolle in dieser Weise erspart man folglich die Hälfte der Kraft. Mit einer Kraft, wenig stärker als die Hälfte der Last, wird man die ganze Last zu heben im Stande sein. Sind aber die Seile nicht parallel der Richtung der Last, sondern ist z. B. das Seil bei g befestigt, die Kraft bei K' angebracht, so daß gm und K'l einen Winkel K'kg mit einander machen, so hat man einen Hebel lm, gegen den bei i die Last, bei l die Kraft wirkt, der bei m seinen Ruhepunkt hat, und gegen dessen Arme die Kräfte nicht senkrecht wirken. Das hier in Anwendung kommende Gesetz des Hebels ist (siehe Hebel S. 23.): „Die Kräfte sind im Gleichgewicht, wenn sie sich verhalten, umgekehrt wie die Perpendikel vom Drehungspunkte auf die Richtungen dieser Kräfte.“ Wir ziehen also diese Senkrechten; sie sind: mn (Perpendikel auf die Richtung von K') und mi (Senkrechte auf die Richtung von iD). Es ist also K : L = mi : mn. Nun sind aber in den beiden Dreiecken lmn und cmi der W. n = W. i als rechte, und weil lc (der Radius senkrecht auf der Tangente) parallel mn ist, so ist W. lmn = W. mlc = W. cml (weil lc = cm als Ra-

dien); mithin ist Dreieck lnm ähnlich Dreieck cim, und es verhält sich also mi : mn = cm : ml, folglich auch K : L = cm : ml. cm ist der Radius, ml die Sehne des doppelten Winkels icm, nach den Lehren der ebenen Trigonometrie also verhält sich K' : L = cm : ml = 1 : 2 sin. icm.

Hierin ist der vorher betrachtete specielle Fall enthalten, wo angenommen wurde, daß die Kraft parallel der Last wirke, denn dann wird offenbar der Winkel icm zum Winkel icb, d. h. = 90°, folglich: da sin. 90° = 1, so hat man, wie gefunden wurde, für diesen Fall K : L = 1 : 2. Im Allgemeinen sieht man aber, daß wenn der Winkel icm kleiner wird, auch der durch die Rolle hervorgebrachte Kraftvorsprung geringer wird, und ist icm = 30°, so hat man:

$$K : L = 1 : 2 \sin. 30°.$$

sin. 30° ist aber gleich ½. (Die Seite des regelmäßigen Sechseckes ist gleich dem Radius, der Centriwinkel desselben $= \frac{360}{6} = 60°$, folglich die Seite des Sechseckes = dem doppelten Sinus des Winkels von 30°, dividirt durch den Radius, dieser = 1 gesetzt, so ist mithin der sin. 30° = ½). Man hat in diesem Falle also K : L = 1 : 1, d. h. die Kraft muß zur Herstellung des Gleichgewichts gleich der Last sein. Es ist aber icm = 30°, wenn lcm = 60° folglich lkm, der Winkel der Seile = 180° — 60° = 120° ist. Bei diesem Winkel also hört die Anwendung der beweglichen Rolle auf vortheilhaft zu *sein*. Läßt man aber icm noch weiter abnehmen, bis cm und ci zusammenfallen, d. h. icm = 0 und lkm = 180°, also daß das Seil geradlinig gespannt wird, so ist:

$$K : L = 1 : 2 \sin. 0° = 1 : 0$$

also $K = \frac{L}{0} = \infty$. Die Kraft muß in diesem Falle unendlich werden. Um das Seil völlig gerade zu spannen, wenn es mit einer Last beschwert ist, muß man eine unendlich große Kraft anwenden, d. h. es ist überhaupt gar nicht möglich. Man sieht von selbst, daß bei der Anwendung der Rolle, die Reibung des Seils an der Rolle zu berücksichtigen ist, und daß zu der Last noch das Gewicht der Rolle jedesmal hinzukommt.

Der Vortheil, den man in der Mechanik aus der Anwendung der beweglichen Rolle zieht, kann durch Anwendung mehrer Rollen noch vermehrt werden. Eine derartige Verbindung von Rollen gibt den Flaschenzug oder Polyspast. Am nächsten der einfachen Rolle steht der sogenannte Potenzflaschenzug, der in seiner einfachsten Gestalt Fig. 127. abgebildet ist. Wie man sieht, besteht er aus drei beweglichen und einer festen Rolle; statt drei könnte man auch noch mehre bewegliche Rollen anbringen. L ist die Last, welche am Haken der untersten Rolle hängt, um diese ist ein bei a befestigtes Seil geschlungen, welches bei m an den Haken der zweiten Rolle festsitzt; um die zweite Rolle geht ein kürzeres bei b und an den Haken n der dritten Rolle befestigtes Seil und um die letzte Rolle schlingt sich ein bei c befestig-

tes Seil, welches nachher über die feste Rolle R geht und an das bei K die Kraft angebracht ist. Man sieht leicht, daß nach den bei der Rolle in Anwendung gekommenen Gesetzen des Hebels, weil alle Seile unter einander parallel sind, die zweite Rolle nur noch die Hälfte der Last zu heben hat, die dritte nur noch ein Viertel u. s. f.; im Allgemeinen die letzte, welche die feste ist, sobald n bewegliche Rollen sind, $\frac{1}{2^n}$ der Last. Andere ähnliche Einrichtungen haben die Flaschenzüge Fig. 128. und 129., deren Einrichtung und Wirkungen sich leicht ergeben, wenn man die Umschlingungsart der Seile verfolgt. Bei dem gemeinen Flaschenzuge sind mehre Rollen über oder neben einander gestellt, und durch Ein Gehäuse verbunden. Er besteht, wie Fig. 130. zeigt, aus zwei Gehäusen oder Flaschen, welche eine gleiche Anzahl von Rollen haben; die eine Flasche ist fest, die andere beweglich. Von dem untern Haken der obern Flasche geht das Seil aus, schlingt sich um die oberste Rolle der beweglichen Flasche, dann um die erste Rolle der festen, ferner um die zweite Rolle der beweglichen, hierauf um die zweite Rolle der festen, endlich um die letzte Rolle der beweglichen und um die letzte Rolle der festen Flasche. An dem Haken der beweglichen Flasche ist die Last befestigt, an das freie Ende des Seils die Kraft angebracht. Die Seile sind parallel und das Verhältniß der Kraft gegen die Last wird daher gleich 1 zu 2 mal der Anzahl der beweglichen Rollen sein (bei n Rollen $= \frac{1}{2n}$) oder was dasselbe: die Kraft verhält sich zu der Last, wie 1 zur Anzahl der Seile (im hier betrachteten Falle gleich 6), wenn Kraft und Last einander das Gleichgewicht halten. Bei dem eben beschriebenen, den am häufigsten in Anwendung gekommenen Flaschenzuge müssen die Rollen von abnehmender Größe sein, damit die Seile parallel neben einander, ohne sich an einander zu reiben, hingehen können. Statt aber die Rollen über einander zu stellen, kann man sie, wie Fig. 131. zeigt, auch neben einander anbringen. Die Art, wie die Seile umgeschlungen werden, ist aus der Zeichnung ersichtlich. Diese zweite Art der Flaschenzüge hat jedoch die Nachtheile, daß die Rollen sämmtlich auf Einer Achse sich bewegen, daher diese die ganze Last zu tragen hat und leicht sich beugen oder brechen kann (ein Uebelstand der vermieden wird, wenn zwischen den Rollen starke Wände durch das Gehäuse gehen, in denen die Zapfenlager der Rollen so angebracht sind, daß jede Rolle eine eigene Achse erhält) und daß das Seil zuletzt über die seitwärts stehenden Rollen geht, daher der Flaschenzug, sobald die Kraft in Thätigkeit gesetzt wird, auf dieser Seite zuerst afficirt und mithin leicht in eine schiefe Stellung gebracht wird. Man wendet daher derartige Flaschenzüge nur an, wenn sie aus einer geringen Anzahl von Rollen bestehen. Die angegebenen Uebelstände sind vermieden und zugleich eine große Anzahl von Rollen angebracht, in dem von Smeaton erfundenen, Fig. 132. abgebildeten Flaschenzuge, bei welchem, wie die Fig. zeigt, zwei Reihen von Rollen über einander stehen, von denen die einen einen größern Durchmesser, als die andern haben. Der Flaschenzug ist daher aus den beiden vorerwähnten Arten

zusammengesetzt und die Umschlingung der Seile geschieht so, daß das Seil zuerst über die Rolle 1, dann über 2, 3 u. s. f. bis 20 geführt, hierauf aber am Haken 21 befestigt ist. Die Anzahl der neben einander stehenden Rollen muß stets eine ungrade sein, dann geschieht die Anziehung des Seiles bei 1, also in der Mitte des Flaschenzuges; die Last verhält sich zur Kraft bei dem abgebildeten Flaschenzuge, wie 1 zu 20. Um die Reibung der Achsen der Rollen zu vermindern, hat White den Fig. 133. abgebildeten Flaschenzug angegeben, wo die neben einander stehenden Rollen allmälig größer werden und zu einem Ganzen verbunden sind, so daß sich in jedem Bügel eigentlich Ein abgestumpfter Kegel umdreht, in den in gleich weiten Abständen gleiche tiefe Rinnen ringsum eingearbeitet sind. Diese Vorrichtung leidet jedoch an dem Uebelstande, daß sie schief angezogen wird und daß sich die Seile leicht verwirren, indem sie aus ihren Fugen herausgleiten. Diese und ähnliche Einrichtungen sind daher nicht sehr in Gebrauch gekommen. Die Smeatonsche Vorrichtung ist auch so abgeändert worden, daß man die obern Rollen mit ihren Achsen rechtwinklich gegen die Achsen der untern Rollen gestellt hat. Am wirksamsten ist diejenige Einrichtung eines Flaschenzuges, der dem Potenzflaschenzuge näher steht, welche Fig. 134. abgebildet ist. L ist die Last und K die Kraft, die Anbringung der Seile ist aus der Fig. ersichtlich. Hätte man nur die eine Rolle A, so würde, wenn die Kraft an dem über sie geschlungenen Seile angebracht wäre, dieselbe erstens, da das über R geschlungene Seil der Last bei c befestigt ist, mit dem Hebel ab, dessen Unterstützungspunkt bei b ist, und dessen Arme sich folglich verhalten wie 1 : 2, wirken, und zweitens mit demselben Hebel ab, der zugleich einen Unterstützungspunkt bei c hat, indem die Last durch das zweite Seil bei b angebracht ist, als mit einem gleicharmigen Hebel wirken; das Verhältniß der Kraft zur Last ist folglich in diesem Falle = 1 : 3. Durch eine zweite Rolle B wird erstens die schon auf $\frac{1}{3}$ herabgebrachte Last durch die Verbindung mit den ersten Rollen nochmals halbirt und zweitens gegen die Last unmittelbar noch mit einem gleicharmigen Hebel gewirkt, mithin verhält sich bei zwei beweglichen Rollen K : M = 1 : 7. Im Allgemeinen wird, wie man sieht, bei n beweglichen Rollen das Verhältniß sein: $K : L = 1 : 2^{n+1} - 1$.

Vergleicht man die verschiedenen Flaschenzüge mit einander, so ist:

beim gewöhnlichen Flaschenzuge	$K : L = 1 : 2n$
beim Potenzflaschenzuge	$K : L = 1 : 2^n$
bei dem zuletzt erwähnten	$K : L = 1 : 2^{n+1} - 1$.

Beim Potenzflaschenzuge ist also die durch die Maschine gewonnene Vervielfältigung der Kraft die nte Potenz von 2, während dieselbe beim gewöhnlichen Flaschenzuge nur das Produkt von n und 2 ist. Hierin liegt die Erklärung des Namens Potenzflaschenzugs. In der eben angegebenen Rücksicht auf Krafterspatung ist der Potenzflaschenzug und noch mehr der Flaschenzug Fig. 134. offenbar vortheilhafter, als der gemeine. In anderer Beziehung aber steht er ihm nach. Bei allen Fla-

schenzügen gewinnt man nun soviel an Kraft, als man an Zeit verliert, wie dieß aus ihrer Ableitung vom Hebel folgt, oder was dasselbe, während die Last um einen Fuß z. B. sich fortbewegt, muß sich die Kraft um so viele Fuße bewegen (das Seil um so viele Fuße sich abwickeln) um wie vielmal die Kraft kleiner als die Last zu sein braucht. Die Anwendbarkeit des gemeinen Flaschenzuges hat eine Grenze, wenn die beiden Flaschen einander berühren, die Anwendbarkeit des Potenzflaschenzuges, wenn die oberste bewegliche Rolle der festen Rolle nahe kommt. Mit dem Potenzflaschenzuge kann man daher die Last weniger hoch heben, als mit dem gemeinen; dieß wird um so anschaulicher, sobald man überlegt, daß nach dem angeführten Gesetze, wenn L (Fig. 127.) um einen Fuß sich erheben soll, sich m um zwei Fuß erheben muß und folglich n um vier Fuß, endlich K um acht sinken. Bei dem Fig. 134. abgebildeten Flaschenzuge senkt sich in demselben Verhältniß die unterste Rolle B schneller, als die Last L sich hebt, in welchem K zu L steht, und die Anwendung der Maschine hört auf, wenn sich die letzte Rolle der Last nähert. Im Allgemeinen wird man daher zur Hebung von Lasten auf größere Höhen den gemeinen Flaschenzug, bei Hebung von großen Lasten auf kleine Höhen einen Potenzflaschenzug oder den Flaschenzug Fig. 134. anwenden. In Bezug auf den gewöhnlichen Potenzflaschenzug ist noch zu erwähnen, daß es in sehr vielen Fällen bequem sein wird, die oberen Enden der Seile an Einen Haken zu befestigen, wobei man keinen bedeutenden Verlust an Kraft erleidet.

S.

Säuren sind eine große Klasse chemischer Verbindungen, die sich größtentheils durch einen sauren Geschmack auszeichnen, der bei einigen nur sehr schwach ist, bei andern dagegen bis zum höchsten Grade der Schärfe, bis zur Aetzbarkeit geht. Fast alle Säuren sind in Wasser löslich, und sie ändern die meisten blauen Pflanzenfarben (reagiren sauer): Lackmus, Violensaft, Schwertlilien, blauen Kohl, Malven, den violetten Saft der rothen Monatrettige, Hollunderbeeren, die Häute schwarzer Trauben u. m. a. in Roth. Mit den Basen verbinden sie sich zu Salzen, aus welchen Verbindungen sie sich im Kreise der Voltaschen Säule (s. **Galvanismus**) am positiven Pole abscheiden; daher sie **elektronegativ** genannt werden. Sie werden eingetheilt in **organische** und **anorganische** Säuren. Die letzteren sind entweder **Sauerstoffsäuren**, d. h. Verbindungen einfacher säurefähiger Körper (Radicale) mit Sauerstoff, oder **Wasserstoffsäuren**, d. h. Verbindungen solcher Körper mit Wasserstoff. Die Sauerstoffsäuren heißen **Metallsäuren**, wenn der mit dem Sauerstoff verbundene Körper ein Metall ist, **Mineralsäuren**, wenn derselbe eine nicht metallische Substanz ist. Die organischen Säuren enthalten Sauerstoff

und Wasserstoff zugleich. Nur die Kleesäure ist frei von Wasserstoff. Man theilt dieselben in stickstofffreie (vegetabilische) und stickstoffhaltige (thierische) Säuren.

Salze heißen die Verbindungen von Säuren und Basen (s. d. Art.), welche größtentheils krystallisirbar, und von einem eigenthümlichen, aber vielfach verschiedenen (salzigen) Geschmack sind. Nicht alle sind in Wasser löslich, und die unlöslichen sind geschmacklos. Die Neutralsalze reagiren weder sauer noch basisch, also verändern weder blaues noch rothes Lackmus u. s. w. Die Mitelsalze sind Verbindungen der Säuren mit Erden und Metalloxyden, und reagiren meist sauer. Von den aus Säuren und Alkalien bestehenden Salzen heißen die, welche die blauen Pflanzenfarben röthen, saure Salze; die, welche basisch reagiren (z. B. das Roth des Fernambuk in Vitriol verwandeln) basische Salze. Sonst unterscheidet man auch einfachsaure Salze, wenn 1 Mischungsgewicht Säure mit 1 M.-G. Base verbunden ist; Doppelsäure, wenn 2 M.-G. Säure mit 1 M.-G. Base verbunden sind; dreifach-, vierfachsaure u. s. f. Sind $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. f. M.-G. Säure mit 1 M.-G. Base verbunden, so hat man $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. w. saure Salze oder doppelt, dreifach, vierfach u. s. f. basische Salze. Eine andere Eintheilung ist noch in einfache Salze, wenn Eine Säure nur Eine Base bindet, doppelte Salze, wenn Eine Säure zwei Basen bindet, Tripelsalze, wenn 3 Basen an Eine Säure gebunden sind. Zwillingsalze u. s. f. sind gemeinschaftliche Verbindungen von 2 Säuren mit 2 Basen u. s. f.

Saturn (v. d. röm. Gotte der Zeit Saturnus) heißt der zehnte Planet von der Sonne, nach Uranus der entfernteste aller Planeten, zeichnet sich durch ein mattes Licht ohne Strahlen aus, und wird mit dem Zeichen ♄ bezeichnet, wodurch eine Sichel als Attribut des Saturns vorgestellt ist. Er bewegt sich unter den Sternen nur sehr langsam und verweilt in demselben Sternbilde $2\frac{1}{2}$ J. Seine Umlaufszeit um die Sonne beträgt $29\frac{1}{2}$ J., indem er in jeder Sec. nur 1,3 Meilen seiner Bahn zurücklegt. Die Sonne, von Saturn aus gesehen, hat nur einen Durchmesser 200 Sec., erscheint also von diesem Planeten aus $9\frac{1}{2}$ mal kleiner, als von uns. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt gegen 200 Mill. Meilen, seine nächste Entfernung ist 188, seine größte 210 Mill. Meilen. Noch mehr ändert sich sein Abstand von der Erde, dessen geringste Länge 160, und dessen größte Länge 223 Mill. Meilen beträgt. Er hat einen wahren Durchmesser von 17090 Meilen, erscheint aber in der Erdnähe mit einem Durchmesser von 21 Sec. und in der Erdferne von 15 Sec. Sein Durchmesser ist hiernach beinahe 10 mal so groß, als der Durchmesser der Erde, seine Oberfläche 95 mal so groß, als die der Erde und sein körperlicher Inhalt 928 mal so groß als der der Erde. Da seine Masse nur der 3512te Theil der Sonnenmasse ist, d. h. 95 mal größer als die Masse der Erde, so kann seine Dichte nur ein Zehntel der Dichte der Erde sein. Der Fall der Körper in der ersten Sec. ist auf dem

Saturn $14\frac{1}{2}$ Par. Fuß. Wie der Jupiter, so zeigt die Oberfläche des Saturn, wenn man sie durch Fernrohre betrachtet Streifen, welche dem Aequator parallel sind und wahrscheinlich von der Beschaffenheit der Atmosphäre dieses Weltkörpers abhängen. Man hat bemerkt, daß der Pol des Saturn, welcher von der Sonne abgewendet ist, heller und weißer als der andere erscheint und dieses von der gewaltigen Kälte abgeleitet, welche dort während des $7\frac{1}{4}$ Jahr dauernden Winters herrscht. Die Umdrehung des Saturn um seine Achse ist nach Beobachtungen von Flecken auf ihm zu $10\frac{1}{2}$ Stunden bestimmt worden. Da seine Bahn einen Winkel von beinahe 30 Graden mit seinem Aequator macht, so muß auf ihm eine große Verschiedenheit der Jahreszeiten herrschen. Da sich dieser große Körper so schnell um seine Achse dreht, so ist die sich daraus ergebende Abplattung desselben sehr bedeutend, doch hat sie auf genaue Weise noch nicht bestimmt werden können, weil die äußere Gestalt des Saturn fortwährend große Aenderungen erleidt, welches entweder eine Folge seiner bedeutenden Abplattung oder einer ihn umgebenden dichten, in fortwährenden Schwankungen begriffenen Atmosphäre ist. Die frühern Astronomen waren über die Gestalt des Saturn sehr uneinig und erst die Verbesserung der Fernrohre machte genauere Kenntnisse möglich. Huygens entdeckte zuerst, daß die Kugel des Saturn ringsum von einem dünnen, breiten, frei schwebenden Ringe umgeben ist; hierauf machte Cassini weitere Beobachtungen, daß der Ring des Saturn eigentlich aus zwei mit sich und mit dem Saturn concentrischen Ringen bestehe, von denen der äußere schmälere, mit dem andern in derselben Ebene liegende, Ring von ihm durch einen Zwischenraum getrennt ist, den er auf der breiten Fläche des Ringes gleich einem dunklen Bande bemerkte. Man fand später noch mehre derartige dunkle Kreise und schloß daraus, daß es vielleicht noch mehr als zwei concentrische Ringe geben möge. Die neuesten Messungen dieser Ringe sind von Struve und in folgender Tafel enthalten. Die darin angegebenen Winkel beziehen sich auf den mittlern Abstand des Saturn von der Sonne oder der Erde, welcher 9,5388 Erdbahnhalbmesser beträgt. Man erhält die in Secunden ausgedrückte Größe in geographischen Meilen, wenn man die ersten durch 950 multiplicirt. In der Fig. 135. ist a der Mittelpunkt Saturns und der beiden Ringe, am der Halbmesser Saturns und cd der Raum, der beide Ringe von einander trennt.

		In Sec.	In d. Meil.
Aeußerer Halbmesser des äußeren Ringes	ae..	20'',047....	19045
Innerer — — — —	ad..	17'',644....	16762
Aeußerer Halbmesser des innern Ringes....	ac..	17'',237....	16375
Innerer — — — —	ab..	13'',334....	12667
Halbmesser Saturns..........................	am..	8'',995....	8545
Breite des äußern Ringes..........................	de..	2'',403....	2283
Breite des innern Ringes..........................	bc..	3'',903....	3708
Breite des Zwischenraums....................	cd..	0'',407....	387

	In Sec.	In d. Meil.
Entfernung der innern Seite des innern Ringes von der Oberfläche Saturns	bm .4'',3397....	4122
Breite des Doppelringes........................	be..6'', 713....	6378*)

Nach den neusten Bestimmungen von Bessel ist die Neigung dieses Ringes 28° gegen die Ekliptik und die Länge seines aufsteigenden Knotens in der Ekliptik 167 Grade. Diese Neigung ist der Grund, aus welchem der wirklich kreisförmige Ring elliptisch zusammengedrückt erscheint, und zwar so, daß während die scheinbare halbe große Axe unveränderlich 20'',047 ist, die veränderliche halbe kleine Axe höchstens = 9'',55 ist, oft aber bis zu einer verschwindenden Größe abnimmt. Man erblickt dann den Ring nur als eine gerade Linie oder gar nicht. Die Verschwindungen des Ringes sind durch die Stellung des Planeten gegen Sonne und Erde bedingt, und ihre Beobachtung daher von großer Wichtigkeit für die Astronomen. Was die Natur des Ringes betrifft, so geht schon aus der Analogie hervor, daß derselbe nichts anderes sein könne, als gleichsam eine Anhäufung von Monden, oder eine Mondbahn, welche von Monden so erfüllt ist, daß einer an den ande-

*) Littrow bemerkt bei Anführung dieser Tabelle Folgendes. Man sieht daraus die Größe dieses den Saturn freischwebend umgebenden Ringes. Sein äußerster Durchmesser 2ae beträgt 38090 Meilen oder 22 Durchmesser der Erde und der äußerste Umfang dieses Ringes hat 119663 Meilen. Der jüngere Herschel hat auch bei Gelegenheit der letzten Verschwindung dieses Ringes die Dicke desselben zu bestimmen gesucht, und sie gleich 0,023 Sec. oder gleich 22 d. Meil. gefunden. Daraus würde folgen, daß der körperliche Inhalt oder das Volum beider Ringe zusammen 13980 Millionen Kubikmeilen oder nahe fünfmal so viel, als das Volum der Erde beträgt. Allein Schröter folgert aus seinen Beobachtungen diese Dicke des Ringes gleich 0'',125 oder 119 Meilen, wo dann das Volum der beiden Ringe das unserer Erde 27 mal übertreffen würde. — Daß dieser Ring, sowie die Kugel Saturns, ein dunkler Körper ist, der sein Licht nur von der Sonne erhält, folgt schon daraus, daß man oft genug den Schatten deutlich sieht, den Saturn auf seinen Ring und den auch der Ring auf den Körper des Saturn wirft. Auch die Farbe des Saturn ist von der des Ringes verschieden. Herschel fand jenen gelblich und diesen lebhaft weißlich gefärbt. Der Raum bm zwischen der Oberfläche des Saturn und der innern Seite des innern Ringes ist ohne Zweifel ein leerer Raum, durch den man den Hintergrund des Himmels erblickt. In Smiths Optik wird erzählt, daß Clarke in England einen Fixstern in diesem leeren Raum durchblicken sah, die einzige Beobachtung dieser Art, so viel uns bekannt ist, die aber wohl leicht mehre finden würde, wenn man den Saturn zu dieser Absicht in sternreichen Gegenden des Himmels eifriger verfolgen wollte, als bisher geschehen sein mag.

ren stößt und so ein völliger Kranz von Monden entsteht. Hieraus sind die großen Unebenheiten erklärlich, die man auf dem Ringe beobachtet hat (Berge von 200 Meilen Höhe!), so wie die von Herschel gemachte Beobachtung, daß der Ring in $10\frac{1}{2}$ St. um die Axe des Planeten sich herumbewege, also etwa so schnell rotire wie der Planet selbst, mit der angegebenen Annahme sehr wohl übereinstimmt. Ueber die 7 Monde oder Satelliten des Saturn, s. d. Art. Nebenplaneten, die nähere Angabe der Elemente des Saturn, s. im Art. Planeten.

Sauerstoff, Oxygen (griech., d. h.) Säure erzeugender Stoff, Lebensluft, reine Luft, Feuerluft, dephlogistisirte Luft, ein chemisch einfacher Stoff, der wichtigste von allen, welcher 1744 von Scheele und Priestley fast zu gleicher Zeit entdeckt wurde. Von allen Stoffen ist er der am häufigsten vorkommende. Er macht $\frac{8}{9}$ des Wassers, $\frac{1}{3}$ der atmosphärischen Luft aus, ist in allen Salzen, den meisten Steinen, Erden und allen Organismen enthalten, so daß man annehmen kann, daß er $\frac{1}{3}$ der ganzen bekannten Erde ausmacht. Er hat die größte Verwandtschaft zu den meisten übrigen Bestandtheilen der Erde, und kommt daher gar nicht rein für sich in der Natur vor, weßwegen er auch so lange unentdeckt blieb. Um ihn aber durch Hilfe der Kunst rein darzustellen, bedient man sich solcher Stoffe, die ihn in großer Menge enthalten und am geneigtesten sind, sich von ihm zu trennen. Solche Stoffe sind die Oxyde der edlen Metalle, einige Hyperoxyde und einige Salze, wie Salpeter, chlorsaures Kali u. a. Am wenigsten gebunden ist er in der atmosphärischen Luft, doch läßt er sich nicht leicht aus ihr für sich darstellen. Man kennt den reinen Sauerstoff bis jetzt nur in luftförmiger Gestalt, als Sauerstoffgas. Die einfachste Art dieses Gas zu erhalten ist die, daß man in einer gläsernen Retorte Braunstein (Manganhyperoxyd) mit Schwefelsäure übergießt, und mittels Kohlenfeuers oder mit Hilfe einer Weingeistlampe erhitzt, die Mündung der Retorte in ein Gefäß mit Wasser leitet, und in diesem eine mit Wasser gefüllte Flasche über die Mündung der Retorte stürzt. Das Gas steigt in Blasen auf, vertreibt allmälig das Wasser aus der Flasche und erfüllt diese. Man braucht auch nur in eine unten verschlossene etwas umgebogene Glasröhre etwas rothes Quecksilberoxyd zu thun, dieß mit einer Weingeistlampe (vorsichtig, damit sie nicht springe und man Quecksilberdämpfe einathme) zu erhitzen, und das Gas wie vorhin unter Wasser aufzufangen. Das Sauerstoffgas ist ein farbloses, geruch- und geschmackloses Gas, 745 mal leichter als Wasser, aber etwas schwerer wie atmosphärische Luft, so daß sein specif. Gew. gegen diese = 10 : 9 oder = 1,111 : 1,000 ist. 100 rheinl. Kubikzoll wiegen bei $12\frac{1}{2}°$ R. und mittlerer Barometerhöhe 38,83 Gran. Unter allen durchsichtigen Körpern hat es die geringste lichtbrechende Kraft; dieselbe verhält sich zu derjenigen der atmosphärischen Luft = 0,924 : 1,000, oder im Verhältniß der Dichtigkeit beider = 0,83 : 1,00. Unter allen Gasarten leuchtet es beim schnellen Zusammendrücken am stärksten. Das Sauerstoffgas ist derjenige Stoff, welcher jeden Verbrennungsproceß, Oxydationsproceß und Lebensproceß be-

dingt, indem alles Verbrennen nichts anderes als Verbinden mit Sauerstoff ist. Daher verbrennen auch alle Körper in reinem Sauerstoffgase weit schneller und lebhafter als in atmosphärischer Luft. Ein glühender Holzspahn entzündet sich darin. Bindet man an einen Eisendraht oder noch besser eine Stahlfeder etwas glimmenden Schwamm, und bringt die Feder hierauf in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Flasche, so verbrennt dieselbe mit blendend heller Flamme und unter Funkensprühen. Mit dem strahlendsten weißen Lichte verbrennt Phosphor im Sauerstoffgase. Wo dieser Stoff fehlt, müßen Menschen und Thiere ersticken, daher in verschlossenen Zimmern, in denen sich viele Menschen befinden, die Lichter immer schlechter brennen, das Athmen immer schwerer wird; und wenn endlich aller Sauerstoff verzehrt wäre, ohne daß frische Luft mit neuem Sauerstoffe zugelassen würde, so würden die Menschen, nachdem die Lichter erlöscht wären, ersticken. Die Verbindungen des Sauerstoffs mit anderen Stoffen, s. unt. den Namen der einfachen Stoffe. — Vergl. d. Art. Verbrennung.

Um das in einem Gasgemenge enthaltene Sauerstoffgas der Menge nach zu bestimmen, hat man verschiedene unter dem Namen Luftgütemesser oder Eudiometer bekannte Apparate erdacht. Der Name Eudiometer kommt her von εὔδιος (heiter, gut, von der Luft,) weil man die atmosphärische Luft für desto besser, heilsamer hielt, je mehr Sauerstoffgas sie enthielt, und μέτρον Maß. Eudiometrische Mittel gibt es sehr viele, weil jeder Körper als solches benutzt werden kann, welcher aus einem Gasgemenge den darin enthaltenen Sauerstoff mit sich zu fester oder tropfbar flüssiger Gestalt verbinden und durch die so bewirkte Raumverminderung des Gasgemenges, die vorher in ihm enthaltene Quantität Sauerstoff meßbar bestimmen kann. Bei dem Voltaschen Eudiometer ist Wasserstoffgas das eudiometrische Mittel. Dasselbe besteht in einer Verpuffungsröhre; diese ist eine starke Glasröhre, welche am obern Ende mit einem metallenen Knopfe verschlossen ist, gegen welchen bei Anstellung des Versuches ein Drath im Innern der Röhre genähert wird, so daß Kugel und Drath nicht weit von einander abstehen und ein elektrischer Funke zwischen beiden überspringen kann. Eine andere Einrichtung der Verpuffungsröhre ist ähnlich der elektrischen Pistole (s. d. Art. Pistole, elektrische). Die bequemste Einrichtung der Verpuffungsröhre und die Art ihrer Herstellung beschreibt Gmelin wie folgt: Es sind zwei im Innern sich berührende Platindrähte in dem obern Theile der übrigens zugeschmolzenen Verpuffungsröhre luftdicht befestigt, und indem man mit dem Zeigefinger der einen Hand, welche die Röhre hält, das äußere Ende des einen Drahtes berührt, nähert man mit der andern einen elektrischen Körper dem äußern Theile des andern Drahtes. Diese Platindrähte sind entweder mit Siegellack in Löchern der Verpuffungsröhre befestigt, oder besser eingeschmolzen. Letzteres geschieht folgendermaßen. Man richtet auf einen 0,5 Zoll vom Ende der Röhre entfernten Punkt die Spitze der Löthrohrflamme, während ein Anderer in die Röhre bläßt, und dadurch den erweichten Theil des Glases zu einem Knopfe auftreibt, welcher bei weiterem Blasen platzt oder mittels eines Glasstäb=

chens in eine Spitze ausgezogen werden kann, welche man abbricht. In diese Oeffnung legt man ein kleines Stück vom feinsten im Handel vorkommenden Platindrahte, so daß dieses zur Hälfte aus der Oeffnung herausragt. Dann schmelzt man sie vor der Glaslampe zu und befördert durch oft wiederholtes in die Höhe Blasen dieser Stelle und nachheriges Einschmelzen die gleiche Vertheilung des Glases um den Draht herum, ohne welche beim Erkalten Risse entstehen würden. Auf dieselbe Weise schmelzt man entweder von der dem Drahte (in gleicher Höhe der Röhre) entgegengesetzten Stelle einen zweiten Draht ein, so daß beide Drähte eine grade Linie mit einander machen; oder im obern Ende, so daß beide Drähte einen rechten Winkel mit einander bilden. Während dieses Schmelzens hat man beiden Drähten die gehörige Richtung und Entfernung zu ertheilen. Endlich kann der äußere Theil derselben abgebrochen werden. Das zu prüfende genau gemessene Gasgemenge wird mit Wasserstoffgas gemengt, welches man in so großer Quantität hinzugefügt, daß es das muthmaßliche Sauerstoffgas mehr als zweimal übertrifft. Hierauf mißt man das Totalvolumen des Gasgemenges und läßt in der Verpuffungsröhre, in welche es gebracht worden, einen elektrischen Funken zwischen den Drathenden überschlagen; sogleich werden sich je zwei Maß Wasserstoffgas und ein Maß Sauerstoffgas mit Wasser verbinden und es beträgt also das in dem Gasgemenge enthaltene Sauerstoffgas $\frac{1}{3}$ der nach dem Versuche beobachteten Verminderung des Volumens. Damit die Verbindung des Wasserstoffgases und Sauerstoffgases vollständig vor sich gehe, darf die Röhre nicht zu eng sei und damit sie bei dem Versuche nicht platze, darf ihre Wand nicht zu schwach sein. Bei einer zu großen Weite der Röhre wird aber die genaue Messung nicht wohl möglich und man muß sich dann noch einer zweiten graduirten Meßröhre bedienen, wodurch der Versuch wegen des zweimaligen Umfüllens des Gases unsicher wird. Am besten bedient man sich einer Röhre von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, welche zugleich zum Messen und zum Verpuffen dienen kann. Bei einer zu geringen Menge Sauerstoffgas findet keine oder eine unvollständige Verpuffung statt; in diesem Falle setzt man daher noch eine Quantität Sauerstoffgases zu, und bringt diese nach dem Versuche in Abrechnung. Die Absperrung der Gase geschieht besser durch Quecksilber als durch Wasser und das anzuwendende Wasserstoffgas darf nicht durch Sauerstoffgas verunreinigt sein.*)

*) Gmelin bemerkt in dieser Beziehung: Das anzuwendende Wasserstoffgas muß frei von Sauerstoffgas sein, weil man sonst zu viel Sauerstoffgas finden würde. Man bringt daher in ein kleines Fläschchen ein Zinkstück, füllt es fast ganz mit ausgekochtem Wasser, dann noch vollends mit Schwefelsäure, vereinigt es unter Wasser mit der zuvor mit Wasser gefüllten Gasentwickelungsröhre und leitet das so nach dem Austreiben des Wassers aus dem letztern hervortretende Gas unmittelbar zu dem zu prüfenden Gasgemenge. Auch kann man solchem Wasserstoffgase, welches Sauer-

Bei dem Döbereinerschen Eudiometer wird die Verbindung des Wasserstoffgases mit dem Sauerstoffgase durch Platinsalmiak eingeleitet. Zu dem Zwecke formt man kleine Kugeln aus Platinsalmiak und etwas Pfeifenthon, und glüht sie aus. Sie müssen vor jedem Versuche schwach geglüht werden. Statt dieser Kügelchen kann man sich auch des Platinschwammes bedienen. Die Wasserbildung aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas wird theils mit theils ohne Feuererscheinung bewirkt, auch noch dann, wenn Sauerstoffgas nur in sehr geringer Quantität vorhanden ist. Beim Bertholethschen oder Achardschen Eudiometer ist langsam verbrennender Phosphor, beim Reboulschen rascher brennender Phosphor, beim Scheeleschen eine wässrige Schwefelkalilösung, beim Davyschen mit Salpetergas geschwängerte Eisenvitriollösung die eudiometrische Substanz. Bei diesen Apparaten ist die verschwundene Substanz nur Sauerstoff, daher man das Gasgemenge nur vor und nach dem Versuche in genau kalibrirten und mit einer Skale versehenen Röhren

---

stoffgas enthält, dasselbe über Quecksilber durch Platinschwamm entziehen, welcher es bei längerem Einwirken in Wasser verwandelt. Wasserstoffgas, welches Kohlenstoff enthält, bewirkt, daß die Sauerstoffgasmenge zu geringe gefunden wird, weil ein Theil des Sauerstoffgases als kohlensaures Gas dem nach dem Verpuffen übrigen Gase beigemischt bleibt. Daher wird das aus Zink erhaltene Wasserstoffgas dem aus Eisen dargestellten vorgezogen; auch bleibt das Kohlige ganz oder größtentheils unverbrannt, wenn das Wasserstoffgas in einigem Ueberschuß zugesetzt wird, so daß auf 1 Maß Sauerstoffgas gegen 3 Maß Wasserstoffgas kommen. — Am besten ist es, die Verpuffung über Quecksilber vorzunehmen; verfährt man über Wasser, so ist Irrthum möglich. Denn man darf sich nicht des ausgekochten Wassers bedienen, welches einen Theil des Gasgemenges absorbiren und dadurch bewirken würde, daß man zu viel Sauerstoffgas fände. Verpufft man über lufthaltigem Wasser in einer verschlossenen Röhre, so wird im ersten Augenblicke der Explosion zwar ein geringer Theil des Gasgemenges in das Wasser gedrückt; bei der darauf folgenden Abkühlung dagegen entwickeln sich, weil das übrige Gas bedeutend verdünnt ist, viele Luftblasen aus dem Wasser, um den entstandenen leeren Raum auszufüllen, ehe man Zeit hat, die Röhre unten zu öffnen, und man wird zu wenig Sauerstoffgas finden. Beim Verpuffen in einer unten offenen Röhre mag sich das zuerst hineingepreßte und dann wieder heraustretende Gas der Menge nach eher das Gleichgewicht halten, und dieses Verfahren ist vorzuziehen, nur darf das Gasgemenge keinen zu großen Raum in der Röhre einnehmen, damit es bei der Verpuffung nicht zum Theil heraustrete. Manche ziehen es vor, die Röhre unten mit einem sich nach innen öffnenden Ventile zu versehen, so daß im Augenblicke der Verpuffung kein Wasser heraustreten, aber bei der folgenden Abkühlung Wasser hineintreten kann, um den leer gewordenen Raum zu füllen. Hier kann jedoch im Momente der Explosion Gas ins Wasser gepreßt werden.

zu messen hat, um aus der Differenz die Quantität des im Gemenge enthalten gewesenen Sauerstoffgases zu bestimmen. Beim Fontana'schen Eudiometer ist das eudiometrische Mittel Stickoxyd (Salpetergas), welches man so lange zu dem bestimmten Gemenge zutreten läßt, als sich noch Raumverminderung und Bildung von rothen Dämpfen zeigt. Es entsteht salpetrichte und Salpetersäure, welche vom Wasser absorbirt wird. Dieß Instrument ist das unsicherste, weil der Sauerstoffgehalt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der verschwundenen Gasmenge betragen kann.

Schall heißt im Allgemeinen alles, was gehört wird, doch erhalten die verschiedenen Arten des Schalls wieder besondere Namen, deren Bedeutung allgemein bekannt ist. So unterscheidet man Knall, Getöse, Gedröhn, Gebrause, Geräusch, Gezisch, Gekrach u. s. w. Diese Worte sind meist onomatopöetisch, d. h. ahmen in ihrer Aussprache die Art des Schalls nach, welche sie bezeichnen. Unter Ton versteht man einen eigens modificirten Schall (s. d. Folg.) braucht aber Töne häufig für die Mehrzahl von Schall, welche nicht gebräuchlich ist. Eine andere als die hier gegebene ist die wissenschaftlich-physikalische Erklärung des Schalles. Es wird nämlich in der Physik nachgewiesen, daß der Schall eine eigenthümliche in der wägbaren Materie erzeugte Bewegung ist.*)

Wenn man einen Schall vernimmt und zugleich die Ursache beobachtet, welche ihn hervorbringt, so bemerkt man, daß die Ursache aufgehört hat in Thätigkeit zu sein, ehe der Schall unser Ohr trifft. So erblickt man bei Abfeuerung eines Gewehres das Feuer ehe man den Schuß hört, sobald man sich nur in einer Entfernung von 40 oder 50 Schritten befindet; bei einer geringern Entfernung scheinen Licht und Schall, Auge und Ohr zugleich zu treffen, und in dem Maße, in welchem die Entfernung zunimmt, wird die Zeit, welche zwischen der Erscheinung des Lichts und der Wahrnehmung des Schalls vergeht, immer merklicher. Auf ähnliche Weise hängen Blitz und Donner zusammen. Der Blitz erscheint ehe der Donner sich hören läßt, und die Zeit, welche zwischen beiden Erscheinungen vergeht, gibt ein Maß für die Entfernung des Gewitters. Aehnliche Erfahrungen wird man in jedem Falle machen können, wo man den Augenblick der Entstehung eines wahrgenommenen Schalles kennt. Man kann annehmen, daß mehre Beobachter, welche auf einer geraden Linie, einer 100 Schritt hinter dem andern, sich befinden, einen Schall nicht in demselben Augenblicke hören werden, welcher an dem Ende der einen Linie an den Füßen des Beobachters erzeugt wird. Dieser wird den Schall eher als alle übrigen vernehmen können, der zweite Beobachter eher als der dritte, der dritte eher als der vierte u. s. f.; aber was das wichtigste ist, in dem Augenblicke, wo der dritte Beobachter z. B. den Schall vernimmt, werden ihn der erste und zweite nicht mehr, und der vierte

*) Dieser Art. ist größtentheils nach der in Pouillet Physique exper. enthaltenen Abhandlung über den Schall bearbeitet.

und fünfte noch nicht hören. Hieraus folgt, daß ein plötzlicher und augenblicklicher Schall wie von einem Schlage oder einer Explosion nach und nach von einem Orte zum andern übergeht, daß er stets nur an Einem Orte auf einmal gehört wird, und daß er mithin eine eigenthümliche Bewegung ist, von welcher unser Ohr getroffen wird. Die Frage, ob diese Bewegung in einem eigenthümlichen Fluidum von größerer Feinheit und Elasticität als die Luft oder in dieser selbst sich fortpflanzt, wird durch den Versuch entschieden, welchen man mit einer Glocke unter dem Recipienten der Luftpumpe vornimmt (s. d. Art. Luftpumpe.) Ist dieser bis zu einem gewissen Grade luftleer gemacht, so hört man den Schall der Glocke im Recipienten nicht mehr, ein Beweiß, das Luft von der gewöhnlichen Dichte besser im Stande ist, den Schall fortzupflanzen, als verdünnte und daß mit dem Aufhören der wägbaren Materie auch der Schall aufhört vernehmbar zu sein.

In dem Maß, in welchem man sich in die Atmosphäre erhebt, verliert der Schall aus einer doppelten Ursache an Intensität 1) wegen der zunehmenden Entfernung und 2) weil die Luft desto dünner wird, je höher wir uns in die Atmosphäre erheben. Das heftigste Tosen auf der Erde kann die Grenzen der Atmosphäre nicht übersteigen, und eben so wenig kann von einem andern Gestirn durch den leeren Weltraum ein Schall bis auf unsere Erde gelangen. Die Abnahme des Schalls mit der Erhebung in die Atmosphäre und also mit dem Dünnerwerden der Luft ist durch Versuche bestätigt. Nach Saussure klingt auf der Spitze des Montblanc ein Pistolenschuß schwächer, als ein in der Ebene losgebrannter Schwärmer und Gay-Lussac bemerkte, daß in der Höhe, welche er im Luftballon erreicht hatte, seine Stimme schwach geworden war.

Die Luft ist aber nicht der einzige Körper, welcher den Schall fortzupflanzen vermag; dieß geschieht durch alle elastischen Flüssigkeiten. Man hört Glocken in Gefäßen, welche mit verschiedenen Gasen oder Dämpfen angefüllt sind. Das Wasser pflanzt den Schall sehr gut fort, die Taucher können hören, was man an dem Ufer spricht, und am Ufer hört man das Geräusch der Steine, welche unter dem Wasser in großen Tiefen angeschlagen werden. Die festen Körper können den Schall nicht nur erzeugen, sondern ihn auch in jeder Richtung fortpflanzen. Der Beweiß liegt schon darin, daß man eine in einem luftdicht verschlossenem Gefäß angeschlagene Glocke hört, denn der Schall muß hier offenbar durch die ganze Dicke der Wände dringen. Wenn ein Beobachter das Ohr dem einen Ende eines tannenen Balkens nähert, welcher 20 bis 25 Meter lang ist, so wird er das Geräusch hören, welches man erzeugt, indem man mit dem Barth einer Feder leicht über die Enden der Holzfasern am andern Ende des Balkens hinfährt, und doch ist dieses Geräusch in der Luft so schwach, daß es diejenigen, welche es hervorbringen, kaum vernehmen. Auf dieselbe Weise kann noch ein kleineres Geräusch sich fortpflanzen, denn man braucht nur sehr leise, aber direkt gegen das Ende der Fasern zu sprechen; so durchläuft das Geräusch schnell die ganze Länge des Balkens, und das am andern Ende horchende Ohr

vernimmt die Stimme. Diese lange feste Masse kann gewissermaßen die Stelle eines Sprachrohrs vertreten.

Die Bewegung, welche der Schall hervorbringt, ist stets eine Schwingungsbewegung. Die meisten tönenden Körper machen während der Zeit, in welcher sie tönen, merkliche Schwingungen; besonders auffallend ist diese Erscheinung an den Saiten der Violine, der Harfe, der Guitarre und ähnlicher Instrumente. Diese Schwingungen sind allerdings zu schnell, als daß man sie zählen könnte, aber das Ohr bemerkt sie. Man hält die Grenzen fest, bis zu welchen die Saite ausweicht und man glaubt sie zu gleicher Zeit in allen mittleren Stellungen zu erblicken, ungefähr wie man einen Feuerkreis sieht, wenn man eine glühende Kohle mit hinlänglicher Geschwindigkeit umschwingt. Ist z. B. CC′ (Fig. 136.) die ursprüngliche Lage der Saite, CLC′ die Lage, welche man ihr gibt, indem man sie mit dem Finger anspannt, so geht sie losgelassen nach CL′C′, kehrt nach CLC′ zurück und vollendet so viele tausend Schwingungen, welche immer kleiner werden und nach einigen Augenblicken von selbst aufhören. Der Ton hört mit der Bewegung auf, und fängt mit ihr wieder an. Diese Schwingungen oder Oscillationen werden in der Akustik Vibrationen genannt. Bei den Glocken sind diese Vibrationen weniger in die Augen fallend, aber sie existiren doch wie in den Saiten. Um sich hiervon zu überzeugen, nehme man eine große Glasglocke und hänge in dieselbe eine kleine Metallkugel, schlägt man sie an daß sie tönt, und neigt sie darauf so, daß die Kugel die Wand berührt, so springt dieselbe schnell zurück und man hört die wiederholten Schläge, welche sie zurückfallend durch ihr Gewicht erzeugt. Man darf endlich nur mit dem Finger irgend einen tönenden Körper leicht berühren, um in allen Theilen desselben ein Zittern wahrzunehmen, welches fortwährend die Erzeugung des Tones begleitet, aber wenn man an einem einzigen Punkte einen etwas starken Druck ausübt, so wird die Bewegung in der ganzen Masse aufgehalten, und der Ton hört auf. Es gibt Instrumente, wie die Flöte und die Pfeiffe, welche von dem allgemeinen Principe, welches wir ausgesprochen haben, eine Ausnahme zu machen scheinen. Denn an diesen tönenden Körpern scheint nichts zu vibriren, aber wir werden bald sehen, daß, wenn auch die festen Theile dieser Instrumente nur in unmerklichen Vibrationen begriffen sind, doch in ihnen es eine vibrirende Materie gibt, und diese ist die Luft, welche sie enthalten.

Jede Vibration des tönenden Körpers erregt in der Luft eine Undulation (Wellenbewegung) von einer bestimmten Länge. Nehmen wir eine horizontale Röhre TT′ (Fig. 137.) an, welche z. B. 10,000 F. Länge und einen F. Durchmesser hat; die Luft sei überall von derselben Temperatur und stehe unter demselben Drucke; ein Kolben PP′ welcher wohl an die Wände anschließt, kann in einer Secunde zwischen den beiden Stellungen PP′ und SS′ welche einen Fuß von einander entfernt sind, eine Oscillation vollenden; übrigens ist nichts bestimmt über die zunehmenden oder abnehmenden Geschwindigkeiten, welche er in diesen Zwischenräumen wird annehmen können. Ist alles in Ruhe, so geht der Kolben von PP′, um in SS′ anzukommen. Während dieser

Bewegung wird die Luft der Röhre auf eine gewisse Weise modificirt, und um die Modificationen, welche sie erfährt, besser zu studiren, halten wir genau den Augenblick fest, wo der Kolben in SS′ ankommt und nehmen an, daß alle Lufttheilchen in dem Zustande verharren, in dem sie sich alsdann befinden, oder besser: wir nehmen an, daß diejenigen welche zusammengedrückt sind, sich nicht wieder ausdehnen können, daß die auseinander gedrängten sich nicht wieder nähern, und daß die ruhenden im Zustande der Ruhe bleiben. Wenn sich die Luftsäule wie ein fester vollkommen harter Körper verhielte, so würde offenbar, wenn das eine Ende derselben durch den Kolben gestoßen würde, das andere Ende in demselben Augenblicke und um dieselbe Größe aus dem andern Ende der Röhre heraustreten. Aber es gibt keinen vollkommen harten Körper, die Luft ist sehr flüssig und sehr zusammendrückbar, und wenn der Kolben das eine Ende der Säule vor sich herstößt, so kann das andere nicht in demselben Augenblicke gehorchen. Es ist eine gewisse Zeit erforderlich, damit der Druck sich bis zu ihm fortpflanze und bei der angenommenen Länge der Röhre können wir behaupten, daß durch das offene Ende T′ kein Lufttheilchen ausgetreten ist, während der Kolben von PP′ nach SS′ gegangen ist. Die Luft in der Röhre rechts vom Kolben ist also zusammengedrückt worden, weil sie einen Fuß Länge weniger als vorher einnimmt. Noch mehr, es ist klar, daß sie nicht gleichmäßig in der ganzen Ausdehnung der Röhre zusammengedrückt worden ist, denn während der Dauer einer Secunde, welche der Kolben gebraucht hat, um von PP′ nach SS′ zu gelangen, hat sich die Zusammendrückung nur einer gewissen Entfernung z. B. AA′ mittheilen und in ihr merklich machen können. Dieser Theil der Luftsäule, welcher während der Bewegung des Kolbens hat modificirt werden können, ist es, welchen man eine Welle oder eine Undulation nennt, und die Länge der Welle ist der Abstand ihrer beiden Enden SS′ und AA′. Untersuchen wir jetzt, wie die Luft in den verschiedenen Theilen der Welle modificirt ist, und nehmen wir zu diesem Zwecke dem Kolben parallele Ebenen an, welche die Luftsäule in kleine Abschnitte theilen, wie abcd, cdef u. s. w., alle von derselben Dicke, so ist wahrscheinlich, daß in jedem dieser kleinen Abschnitte alle Lufttheilchen von der Achse bis zum Umfange der Röhre dieselben Modificationen erleiden, denn bei einer jeden von ihnen verhält sich alles auf dieselbe Weise. Um also zu wissen, was mit der ganzen Luftmasse, aus welcher die Welle besteht, vorgegangen ist, genügt es zu erkennen, was mit einem Lufttheilchen (Molécules) in jedem Abschnitte vorgegangen ist. Da nun die Luft, welche den Raum von PP′ bis AA′ einnahm, im Ganzen zusammengedrückt und auf den Raum SS′AA′ beschränkt worden ist, so müssen in jedem Abschnitte die Lufttheilchen zwei Wirkungen erfahren haben: erstens zusammengedrückt worden sein, zweitens eine gewisse impulsive (treibende) Geschwindigkeit erhalten haben, d. h. eine Geschwindigkeit, welche sie vom Mittelpunkte der Erschütterung oder des sie stoßenden Kolben entfernt hat. Offenbar können in der ganzen Länge der Welle die verschiedenen Abschnitte nicht in demselben Zustande sein. Der letzte Abschnitt z. B.

welcher AA′ berührt, kann nur eine sehr geringe Geschwindigkeit und eine sehr geringe Zusammendrückung erfahren haben, weil die Bewegung hier nur eben noch ankommt; der erste Abschnitt, welcher SS′ berührt, ist schon zur Ruhe gekommen, weil wir die Erscheinungen für den Augenblick betrachten, wo der Kolben aufhört sich zu bewegen; und wie dieser Abschnitt keine Geschwindigkeit mehr hat, hat er gleichermaßen auch keine Zusammendrückung mehr, alles was er hatte, hat er schon abgegeben. Dagegen haben die Abschnitte in der Mitte der Welle zugleich die stärkste Zusammendrückung und die größte Geschwindigkeit. Es gibt also eine gewisse Ordnung in den verschiedenen Modificationen der verschiedenen Abschnitte, sowohl in Bezug auf die Geschwindigkeit der Lufttheilchen, als auf ihre Zusammendrückung. Diese Ordnung hängt ab von der Ordnung der zunehmenden und abnehmenden Geschwindigkeiten, welche der Kolben vom Gange PP′ nach SS′ hat durchlaufen müssen. Alle Bewegungen, welche eine Welle von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende charakterisiren, kann man durch eine in die Augen fallende Zeichnung entsprechen. Man braucht zu dem Ende nur auf der Linie SA, welche die Länge der Welle bezeichnet, senkrechte Linien aufzurichten, deren Höhen dem Grade der Zusammendrückung der entsprechenden Abschnitte entsprechen. Die Enden dieser senkrechten Linien werden eine Linie bilden, deren Krümmung genau die Ordnung darstellen wird, welche die Zusammendrückungen der auf einander folgenden Abschnitte befolgen. In S′ wird die Höhe der Senkrechten gleich Null sein, weil die Zusammendrückung Null ist; eben so in A; in X wird die Höhe der Senkrechten z. B. XX′ sein; in Y wird sie YY′; in M wird sie MM′ sein u. s. w.; in der Art, daß die Kurve der Zusammendrückungen SM′A ein Halbkreis sein könnte. Aber man kann über der Linie SA eine Menge von Kurven ziehen, welche immer durch die Punkte S und A gehen, wie man in SNA, SN′A sieht, und selbst wenn eine dieser Kurven gegeben ist, kann man dem Kolben bei seinem Gange von PP′ nach SS′ immer eine solche Bewegung ertheilen, daß er eine Welle erregt, deren aufeinander folgende Zusammendrückungen durch diese Kurve dargestellt sind. Kommen in der Kurve der Zusammendrückungen mehre Krümmungen vor, wie in SpqrA; so nennt man die entsprechende Welle eine gezahnte oder gezackte Welle. Nachdem wir die verschiedenen Modificationen untersucht haben, welche der Kolben bei seiner Bewegung von PP′ nach SS′ in 1″ der Luftsäule einprägen kann, untersuchen wir jetzt was in den folgenden Augenblicken geschehen wird, wenn der Kolben fortwährend in SS′ festgehalten wird. Die von SS′ bis AA′ momentan zusammengedrückte Luft kann in diesem Zustande nicht verbleiben, denn da die Röhre in T′ offen ist, so muß nach einer gewissen Zeit ein Theil der Luft ausgetreten, und die ganze Säule zur Ruhe gekommen sein. Nun wird aber in der Mechanik gezeigt, daß Zusammendrückung und Geschwindigkeit sich auf folgende Weise mittheilen: in dem ersten Augenblicke der zweiten Sec. geht die Geschwindigkeit nach rechts von AA, bemächtigt sich eines ersten Abschnittes und zu gleicher Zeit kommt der den Kolben berührende Abschnitt zur Ruhe; in dem zweiten Augenblicke wird ein

zweiter Abschnitt rechts von AA′ ergriffen und ein zweiter Abschnitt von dem Kolben aus kommt zur Ruhe; in dem dritten Augenblicke bemächtigt sich die Bewegung des dritten Abschnittes vor AA′, und die Ruhe des dritten Abschnittes vor dem Kolben u. s. f. Auf diese Weise ist am Ende der zweiten Sec. die Luft von S bis A in Ruhe und von A bis P in Bewegung; die Länge AB ist gleich SA, und überdieß sind die Zusammendrückungen und Geschwindigkeiten von A nach B genau dieselben, wie vorher von S nach A. Auf diese Weise schreitet die Undulation fort; jede folgende Welle hat die Länge und den Charakter der vorhergehenden.

Die so eben beschriebene Welle, in welcher alle Abschnitte zusammengedrückt und alle Geschwindigkeiten impulsiv sind, heißt eine verdichtete (condensirte) oder zuweilen eine verdichtetende (codensirende) Welle; aber man sieht leicht, daß umgekehrte Erscheinungen auf der linken Seite des Kolben PP′ während seines Ueberganges nach SS′ vor sich gegangen sind. Der Luftsäule ist hier nämlich ein größerer Raum dargeboten worden, der erste Abschnitt stürzt dem Kolben nach, indem er sich verdünnt, der zweite Abschnitt folgt dem ersten und tritt an seine Stelle u. s. w. u. s. w.; und nach der ersten Sec. wenn der Kolben in SS′ stehen bleibt, hat sich die Verdünnung bis a merklich gemacht. Die hieraus sich ergebende Welle heißt eine verdünnte oder auch verdünnende Welle; ihre Länge ist genau dieselbe, wie die der verdichteten Welle, welche vor dem Kolben entsteht. Die Verdünnungen sind Null in SS′ und aa′, und in allen Abschnitten sind die Geschwindigkeiten apulsiv (abstoßend, abtreibend), d. h. gegen den Mittelpunkt der Erschütterung gerichtet. Diese verdünnte Welle setzt sich ebenfalls nach und nach in der ganzen Ausdehnung der Luftsäule fort, indem sie überall dieselbe Länge und dieselbe Reihenfolge der Geschwindigkeiten und der Verdünnungen befolgt.

Diese Beobachtungen lassen uns sogleich die Principien sehen, auf denen das Phänomen des Hörens beruht; denn wenn wir uns in irgend welchen Punkten der Röhre einen Durchschnitt HH′ vorstellen (Fig. 137.), so können wir bemerken, daß er nach und nach alle die Modificationen erfährt, welche die Welle SA ausmachen, weil dieser Schnitt der Reihe nach der erste, zweite, dritte... und letzte Abschnitt dieser Welle wird. Und stellen wir uns in diesem Schnitte eine sehr zarte und sehr elastische Haut mm′ vor, so ist klar, daß sie der Reihe nach alle Impulsionen erfahren wird, welche hintereinander den Lufttheilchen ertheilt worden sind. Genau dasselbe erfährt nun das Trommelfell, welches den Gang abschließt, welcher sich in der äußern Ohrmuschel öffnet. Man begreift also, daß diese Membrane, deren Beweglichkeit gleich der der Luft ist, alle Modificationen der verschiedenen Durchschnitte der Tonwelle empfangen und gewissermaßen zählen könne.

Wenn der Kolben, nachdem er sich einen unmerklichen Augenblick lang in SS′ aufgehalten hat, in seine ursprüngliche Stellung PP′ zurückkehrt und dabei dieselben Geschwindigkeiten rückwärts durchläuft, so wird er hinter sich rechts von SS′ eine verdünnte Welle erzeugen,

ganz gleich derjenigen, welche er während seines Hinganges links erregt hatte, und diese Welle wird auf die erste verdichtete Welle so folgen, als am Ende der zweiten Sec. die condensirte Welle zwischen A und B, und die verdünnte Welle zwischen A und S. Auf der andern Seite dagegen wird die verdünnte Welle zwischen a und b und die verdichtete Welle zwischen a und S sein. Nachher werden ein zweiter Hingang und ein zweiter Rückgang des Kolbens noch ähnliche Wellen erregen, welche auf ähnliche Weise geordnet sind, und hinter den ersten herlaufen werden u. s. f. Dann wird ein Ohr in irgend einem Theile der Röhre nicht mehr einen vorübergehenden Schall, wie den einer Explosion vernehmen, sondern einen fortgesetzten Schall, der mehr oder weniger tief, mehr oder weniger stark und von mehr oder weniger angenehmen Klange ist. Zwischen dem Schalle rechts und dem links wird nur der einzige Unterschied sein, daß in dem einen die verdichtete, in dem andern die verdünnte Welle vorausgeht.

Der Unterschied welcher zwischen den tiefen und den hohen Tönen besteht, ist für unser Ohr so auffallend, daß er sicher einer natürlichen in der Luft, welche diese Töne trägt, stark ausgedrückten Modification entsprechen muß. Wir werden später durch direkte Beobachtungen nachweisen, daß der tiefste Ton, den wir vernehmen können, eine Wellenlänge von 32 Fuß hat, und daß der höchste musikalische Ton nur eine Wellenlänge von ungefähr 18 Linien besitzt. Zwischen diesen Grenzen liegt jeder Schall und jede Nüance, welche das menschliche Ohr unterscheiden kann, und zwei Wellen von derselben Länge geben stets einen vollkommenen Einklang, welches übrigens auch die Intensität oder der Klang der Töne, welche sie tragen, sein mag. Wellen, welche länger als 32 Fuß oder kürzer als 18 Linien sind, werden ohne Zweifel das Trommelfell auf ihre Weise ebenfalls treffen; aber es entsteht keine merkliche Empfindung mehr; das Gehörorgan ist für jeden derartigen Schall taub. Ton ist im engern Sinne das Verhältniß zwischen der Höhe und Tiefe, in welchem ein Schall zu dem andern steht. Die Intensität des Schalles kann nicht von der Länge der Wellen abhängen, sie hängt nur ab von den größern oder geringern Zusammendrückungen oder von den größern oder geringern Geschwindigkeiten, welche die Luft von den tönenden Körpern erhalten hat, und welche sich von Lage zu Lage bis zu unserm Ohre fortpflanzen. Die Saite einer Baßgeige kann in Einklang sein mit dem ohrzerreißenden Geräusche des Tamtam. Die Wellen sind nämlich von derselben Länge, aber die durch das Tamtam getroffene Luft macht bei weitem ausgedehntere Schwingungen, und hieraus entsteht die betäubende Intensität seines Schalles. Der Klang des Schalles ist weit schwerer zu charakterisiren, als der Ton und die Intensität desselben. Die Physiker sind über denselben nicht einig, aber wahrscheinlich hängt er ab von der Ordnung, in welcher die Geschwindigkeiten und die Veränderungen der Dichtigkeit in den verschiedenen Luftabschnitten zwischen den beiden Enden einer Welle aufeinander folgen. Man hat sogar angenommen, daß die artikulirten Töne der Stimme von den unartikulirten Tönen sich unterscheiden, so,

daß bei jenen die Wellen immer gezahnt oder gezackt sind, welches bei diesen niemals der Fall ist.

Jeder Schall, welches auch sein Ton, sein Klang oder seine Intensität sein mag, pflanzt sich in der Luft mit derselben Geschwindigkeit fort. Wenn mehre Beobachter aus verschiedenen Entfernungen ein Concert hören, so vernehmen alle denselben Takt und dieselbe Harmonie; alle Töne also folgen, indem sie sich fortpflanzen, in derselben Reihe und in demselben Zwischenräumen aufeinander, woraus nothwendig folgt, daß sie mit derselben Geschwindigkeit fortschreiten; denn, wenn die tiefen Töne z. B. den hohen vorauseilten, so würde der Takt bald zerstört sein und das, was bei 10 Schritt Entfernung Harmonie wäre, würde bei 100 Schritt ein unerträglicher Mißklang sein.

Man hat an verschiedenen Orten der Erde zahlreiche Versuche angestellt, um die Geschwindigkeit des Schalls genau zu bestimmen. Namentlich wurden in Frankreich Versuche angestellt von Mersennes, von Cassini und Huyghens, von Mitgliedern der Akademie (1738) und vom Längenbureau (1822); in England von Walker (1698) von Flamstred und Halley, und von Derham (1704); in Italien von der Academia del Cimento (1660) und von Blanconi (1440); in Deutschland von Mayer (1778), von Müller (1791), von Benzenberg (1809); in den Niederlanden von Moll und Vanbeek (1823); endlich in Amerika von Condamine (1740) und von Espinosa de Bauza (1794). Diese Versuche haben zu ziemlich verschiedenen Resultaten geführt. Wir werden nur diejenigen beschreiben, welche auf den Vorschlag von Laplace (1822) in der Nähe von Paris durch das Längenbureau angestellt worden sind. Die beiden Stationen welche man gewählt hatte, waren Villejuif und Montlhéry. Zu Villejuif ließ der Kapitain Boscary auf einen erhabenen Punkt einen Sechspfünder mit Stückpatronen von zwei und drei Pfund Pulver aufstellen. Die Beobachter, welche um das Geschütz standen, waren Prony, Arago und Matthieu. Zu Montlhéry ließ der Kapitain Pernetty ein Geschütz von demselben Kaliber mit Stückpatronen von demselben Gewichte aufstellen. Die Beobachter waren Humboldt, Gay-Lussac und Bouvard. Die Versuche wurden bei Nacht angestellt, und begannen um 11 Uhr Abends den 21. und 22. Juni 1822. Zu Villejuif beobachtete man sehr genau das Feuer jedes Schusses zu Montlhéry und umgekehrt; die Luft war heiter und fast ruhig. Die Chronometer waren übereinstimmend geordnet, und man war übereingekommen, daß jede Station 12 Schüsse, jeden 10 Minuten nach dem andern abfeuern, und daß die Station von Montlhéry 5 Minuten vor der von Villejuif beginnen sollte, so daß ein Beobachter genau in der Mitte der Linie von beiden Kanonen von 5 zu 5 Minuten die abwechselnden Schläge gehört haben würde; den ersten von Montlhéry, den zweiten von Villejuif, den dritten von Montlhéry u. s. w. Diese abwechselnden Schläge waren das einzige Mittel, den Einfluß des Windes auf die Geschwindigkeit des Schalles kennen zu lernen, oder allgemeiner, um zu entdecken, ob un-

ter den zahllosen Veränderungen, welche die Atmosphäre in jedem Augenbicke erleidet, der Schall dieselbe Zeit braucht, um denselben Raum in den beiden entgegengesetzten Richtungen zu durchlaufen. Die Beobachter von Villejuif hörten genau alle Schüsse von Montlhéry; jeder von ihnen bemerkte auf seinem Chronometer die Zeit, welche zwischen der Erscheinung des Lichts und der Ankunft des Schalles verging.

Die Größedifferenz, welche man zwischen den 3 Einer Beobachtung entsprechenden Resultaten findet, ist nicht größer als $\frac{3}{10}$ oder $\frac{4}{10}$ Sec., und unter den 12 Beobachtungen übersteigt die Differenz der Mittel nicht $\frac{3}{10}$ Sec.; die längste Zeit ist 55″, die kürzeste 54″,7 und die mittlere Zeit 54″,81. Zu Montlhéry konnte man von den 12 Schüssen zu Villejuif nur 7 hören; und unter diesen 7 Schüssen gab es sogar nur einen, welcher von den drei Beobachtern zugleich gehört wurde. Die Resultate sind jedoch ziemlich übereinstimmend: die längste Zeit ist 54″,9, die kürzeste 53″,9 und die mittlere Zeit 54″,43. Man kann hiernach 54″,6 als die mittlere Zeit annehmen, welche der Schall brauchte, um von einer Station zur andern zu gelangen. Es blieb noch übrig, den Zwischenraum zwischen beiden Stationen genau zu messen. Arago wurde mit dieser Messung beauftragt und fand (durch Meridiantriangulation) den Abstand beider Kanonen von einander, 9549,6 Toises. Dividirt man diese Länge mit 54,6, der mittlern Dauer der Fortpflanzung des Schalles, so findet man 174,9 Toises oder 340,^{m}88 für den Raum, welchen der Schall in der Nacht des 21. Juni 1822 in einer Sec. durchlaufen hat. Die Temperatur war 16° C.; der Barometer zeigte zu Villejuif 756,^{mm}5 und der Saussurische Hygrometer 78°. Die Geschwindigkeit des Schalls ist also 340,^{m}88 bei 16° Temperatur. Reducirt man nach der später anzuzeigenden Rechnung diese Geschwindigkeit auf 10° Temperatur, so findet man 337,^{m}28, und für die Temperatur 0 findet man 331,^{m}12.

Es ist von Wichtigkeit, die Allgemeinen Gesetze der Vibrationen der Saiten und der harmonischen Töne, welche sie erzeugen, kennen zu lernen. Wenn man eine Saite anschlägt, welche auf irgend ein Instrument, wie eine Harfe oder Guitarre gespannt ist, so sind die Schwingungen, welche sie macht, viel zu schnell, um die absolute Zahl dieser Schwingungen bestimmen zu können. Man kann jedoch mit hinlänglicher Genauigkeit zwei bemerkenswerthe Erscheinungen unterscheiden: erstens der Ton steigt und wird höher, sobald man die Saite verkürzt oder ihr eine stärkere Spannung gibt, und zweitens die Anzahl der Schwingungen nimmt merklich zu. Es findet also gewissermaßen eine Abhängigkeit zwischen dem Tone der Saite, ihrer Länge, ihrer Spannung und der Geschwindigkeit ihrer Schwingungen Statt; aber diese, so leicht durch den Versuch zu bestätigende Abhängigkeit kann nur mit Hilfe des Calculs bestimmt werden. Sie ist dasjenige, was man in der Mechanik das Problem der schwingenden Saiten nennt, welches Problem zuerst von Taylor gelöst wurde, und welches eine große Berühmtheit erlangte, weil es fast ein halbes Jahrhundert lang die lebhaftesten Erörterungen zwischen den größten Geometern veranlaßte. Johann Bernouilli, d'Alem-

bert, Euler und Daniel Bernouilli hatten viel über diesen Gegenstand geschrieben, als Lagrange 1759 den Ruhm davon trug, alle Schwierigkeiten zu heben, und die Streitigkeiten zu beenden.

Mit Hilfe der Rechnung kommt man zu folgenden Resultaten:

1) Die Anzahl der Schwingungen einer Saite steht im umgekehrten Verhältniß mit ihrer Länge, d. h. wenn irgend eine tönende Saite auf ein Instrument gespannt ist, z. B. eine Violine, Baß, Guitarre u. s. w., und in einer gewissen Zeit eine mit 1 bezeichnete Anzahl von Vibrationen macht, vorausgesetzt, daß sie in ihrer ganzen Länge schwingt, so wird sie in derselben Zeit Schwingungen machen, deren Anzahlen durch 2, 3, 4.... vorgestellt sind, wenn man, ohne die Spannung zu ändern, nur $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$... ihrer Länge schwingen läßt; die Anzahlen der Schwingungen werden durch $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$... dargestellt sein, wenn man nur $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$... ihrer Länge schwingen läßt. Um hierbei den schwingenden Theil zu begrenzen, braucht man nur einen kleinen Steg zu verrücken, und mit dem Finger die Saite leicht an ihn anzudrücken.

2) Die Anzahl der Schwingungen einer Saite verhält sich wie die Quadratwurzel des Gewichtes, welches sie spannt, d. h. wenn man durch 1 die Anzahl der Schwingungen einer Saite ausdrückt, welche durch ein Gewicht = 1 gespannt ist, so wird die Anzahl der Schwingungen in derselben Zeit = 2, 3, 4... wenn, ohne Aenderung der Länge, die Saite durch die Gewichte 4, 9, 16.. (2^2, 3^2, 4^2...) gespannt wird.

3) Die Anzahl der Schwingungen bei Saiten von derselben Substanz steht im umgekehrten Verhältnisse ihrer Dicke oder ihres Durchmessers, d. h. wenn man z. B. zwei Saiten von Kupfer oder Stahl nimmt, wie die eines Klavieres, von denen die eine einen doppelt so großen Durchmesser als die andere hat, sie mit gleichem Gewichte spannt, und gleiche Längen derselben schwingen läßt, so wird die dünnere in derselben Zeit zweimal soviel Schwingungen als die dickere machen. Es ist wahrscheinlich, daß zwei Darmsaiten dieses Gesetz nicht genau befolgen werden, weil man niemals sicher ist, daß sie durchaus aus derselben Materie bestehen.

4) Die Anzahl der Schwingungen bei Saiten von verschiedenen Stoffen verhält sich umgekehrt wie die Quadratwurzel aus der relativen Dichte, d. h. wenn man z. B. eine Saite von Kupfer nimmt, deren Dichte ungefähr = 9 ist, und eine Darmsaite, deren Dichte ungefähr = 1 ist, welche denselben Durchmesser haben und durch dieselben Gewichte gespannt sind, so ist, wenn man gleiche Längen derselben schwingen läßt, die Anzahl der Schwingungen der Kupfersaite dreimal kleiner als die Anzahl der Schwingungen der Darmsaite. Die angegebenen Gesetze finden offenbar nur Anwendung bei Saiten, welche in ihrer Länge und in ihrer Dicke durchaus homogen sind, und lassen sich z. B. keineswegs auf Darmsaiten, die mit Metalldrath übersponnen sind, anwenden, wie man sich derselben bei der Harfe und verschiedenen Streichinstrumenten bedient. Das einhüllende Metall ist hier eine todte Masse, welche durch die Elastici-

tät der Saiten mit in Bewegung gesetzt werden muß, und folglich die Dauer der Schwingungen vermehrt.

Sind diese Principe einmal angenommen, so ist es sehr leicht die Töne durch Zahlen darzustellen. Man bedient sich hierzu eines Instrumentes, welches reine Töne gibt, und welches eine genaue Messung der Saitenlänge zuläßt. Dieses Instrument wird Monochord (d. h. Einsait) oder Sonometer (Schallmesser) genannt. Dasselbe kann verschiedene Gestalten erhalten, von denen eine in Fig. 138. dargestellt ist. Es trägt eine Darmsaite und eine Metallsaite, um zu zeigen, daß für die eine, wie für die andere die Wirkungen dieselben sind. Die Saite ist an einem Hacken oder Zapfen C befestigt, geht über die festen Stege F und F', über eine bewegliche Rolle M und endet an einem andern Hacken C', an welchem man das Gewicht P anhängt. Der bewegliche Steg HH' kann unter der Saite hingehen, ohne sie zu berühren; man stellt ihn, wohin man will und drückt, um die Länge der Saite zu verkürzen, diese mit dem Finger auf die Kante T dieses Steges. Der Kasten SS' dient zur Verstärkung des Schalles (s. d. Art. Resonanz). Gesetzt nun, die Saite sei hinlänglich belastet, um einen reinen und vollen Ton zu geben, wenn sie ohne Anwendung des Steges HH' schwingt. Man nehme den von ihr angegebenen Ton als Ausgangspunkt oder als C an, und verrücke den Steg nach und nach so, daß man die übrigen Noten der Tonleiter DEFGAHc erhält. Nimmt man die Länge der ganzen Saite = 1 an, so wird man für die übrigen Noten folgende Längen finden.

Namen der Töne	C	D	E	F	G	A	H	c
Längen der Saite	1	$\frac{8}{9}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{8}{15}$	$\frac{1}{2}$

Da aber die Anzahl der Schwingungen der Saite im umgekehrten Verhältniß ihrer Länge ist, so wird man, wenn man die Anzahl der Schwingungen, welche C gibt, 1 annimmt, erhalten

Namen der Töne	C	D	E	F	G	A	H	c
Anzahl der Schwingungen	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

Bekanntlich heißt das Intervall zwischen C und D eine Sec., zwischen C und E eine Terz, zwischen C und F eine Quarte, zwischen C und G eine Quinte, zwischen C und A eine Sexte, zwischen C und H eine Septime, zwischen C und c eine Octave u. s. w. Wenn also zwei Töne eine Octave bilden, so ist die Anzahl der Schwingungen des höheren doppelt so groß, als die Anzahl der Schwingungen des niederen. Für die Tertie macht der höhere 5 und der tiefere 4 Schwingungen, für die Quarte der höhere 4 und der tiefere 3, für die Quinte der höhere 3 und der tiefere 2 u. s. w. Diese Verhältnisse sind unveränderlich, das Ohr erträgt dabei keine Verfälschung; d. h. es ist nöthig, wenn zwei Töne in der Octave stehen sollen, daß die Anzahl der Schwingungen des höhern dividirt durch die Anzahl der Schwingungen des tiefern = 2 sei; daß man eben so für die Quinte $\frac{3}{2}$ erhalte u. s. f. Da also die Anzahl der Schwingungen des D $\frac{9}{8}$ ist, so wird seine hohe Octave $\frac{9}{8} \times 2 = \frac{9}{4}$ und seine tiefe Octave $\frac{9}{8} : 2 = \frac{9}{16}$ sein; seine

Tertie wird sein $\frac{9}{8} \times \frac{5}{4} = \frac{45}{32}$; seine Quinte $\frac{9}{8} \times \frac{3}{2} = \frac{27}{16}$. D und G bilden eine Quarte, weil das Verhältniß des G zum D $\frac{3}{2} : \frac{9}{8} = \frac{3}{2} \times \frac{8}{9} = \frac{4}{3}$ welches das Verhältniß der Quarte ist; während D und A keine Quinte bilden, weil sich A : D verhält, wie $\frac{5}{3} : \frac{9}{8} = \frac{5}{3} \times \frac{8}{9} = \frac{40}{27}$, welches nicht $\frac{3}{2}$ gibt, wie für die Quinte nöthig wäre. Hiernach kann man leicht so viel Octaven schreiben als man will über und unter die vorhergehende Octave, weil man nur alle Zahlen dieser durch 2, durch $2^2 = 4$, durch $2^3 = 8$ u. s. w. zu multipliciren braucht, um hintereinander die erste, zweite, dritte Octave darüber, und nur mit $\frac{1}{2}$, mit $(\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}$, mit $(\frac{1}{2})^3 = \frac{1}{8}$ u. s. f. zu multipliciren braucht, um die erste, zweite, dritte Octave darunter zu erhalten u. s. w. Diese Töne sind nicht die einzigen, deren man sich in der Musik bedient; man bedient sich auch noch der gekreuzten und mit b bezeichneten Töne, aber mit Hilfe des Monochords kann man sich leicht überzeugen, daß einen Ton mit einem Kreuz versehen, nichts anderes heißt, als die Anzahl seiner Schwingungen mit $\frac{25}{24}$ und ihn mit b bezeichnen, ihn mit $\frac{24}{25}$ multipliciren heißt; während also C z. B. 24 Schwingungen macht, macht C mit einem Kreuze deren 25, und während H 25 Schwingungen macht, macht H mit einem b deren nur 24. Wenn zwei Töne so dem Einklange sich nähern, daß der eine 80 Schwingungen macht, während der andere 81 macht, so daß ihr Intervall oder ihr Verhältniß $\frac{80}{81}$ ist, so sagt man, daß sie nur um ein Komma differiren. Ein geübtes Ohr kann diese Differenz noch sehr wohl unterscheiden. Wenn man zugleich zwei Töne erschallen läßt, welche die Octave, oder die Terze, oder die Quinte bilden, so geben sie eine Consonanz (Zusammenklang) oder einen Accord; wogegen die Secunde oder die Septime eine Dissonanz (Mißklang) geben. Die harmonischen Töne sind diejenigen, welche die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. befolgen; der zweite ist die Octave des ersten, der dritte ist die Duodecime desselben oder die doppelte Quinte, der vierte die doppelte Octave, der fünfte die dreifache Terzen u. s. w. So bilden sie niemals Dissonanzen. Ohne Zweifel heißen sie aus dem angegebenen Grunde seit langer Zeit harmonische Töne; aber eine merkwürdige Erscheinung ist die gleichzeitige Existenz aller dieser Töne in den Schwingungen einer einzigen Saite. Wenn man z. B. eine Saite einer Violine oder eines Violoncelle mit dem Bogen in Bewegung setzt, so hört man nicht allein den Grundton dieser Saite, den, welchen sie gibt, wenn sie in ihrer ganzen Länge schwingt, sondern man hört noch den Ton 3 oder die Duodecime uud den Ton 5, oder die dreifache Terze. Einige behaupten, daß man sogar den Ton 6 oder die Duodevicesime noch zu unterscheiden vermöge. Diese Erscheinung findet in folgendem von Sauveur herrührenden Versuche ihre Erklärung. Man stellt den beweglichen Steg unter die Mitte der Saite des Monochords und berührt mit dem Finger sehr leicht diesen Punkt, während man den Bogen in der Nähe des festen Steges hinführt, um die eine Hälfte der Saite zu erschüttern. Diese Hälfte erbebt auch in der That, aber die andere Hälfte tritt ebenfalls in sehr merkliche Schwingungen, und um sich hiervon zu überzeugen, braucht man nur an verschiedenen Punkten gegen die Mitte

derselben kleine Papierreiter aufzusetzen; sie werden abgeworfen. Die Gestalt welche dann die Saite annimmt, ist in Fig. 139. dargestellt. Man kann hierauf den beweglichen Steg an das Ende des ersten Drittels der Saite stellen, und wenn man dieses in angegebener Weise mit dem Bogen erschüttert, so beginnen augenblicklich die beiden andern Drittel zu schwingen, aber jedes von ihnen schwingt für sich zu beiden Seiten des Punktes n, welcher, obgleich ganz frei, doch unbewegt bleibt (Fig. 140.). Um sich zu überzeugen, setze man Papierreiter in v, n und v′, so werden die in v und v′ springen und bald herabfallen, während der in n unbewegt sitzen bleibt. Der Punkt n heißt ein Schwingungsknoten und bei v und v′ finden Bäuche statt. Aehnliche Erscheinungen finden noch statt, wenn man den Steg an das Ende des ersten Viertels, des ersten Fünftels oder des ersten Sechtels der Saite stellt; es gibt dann zwei, drei oder vier Schwingungsknoten, auf denen die Reiter unbeweglich bleiben, während sie gegen die Mitte der Bauchungen herabfallen. Sauveur schließt aus diesen merkwürdigen Resultaten, daß eine frei schwingende tönende Saite nicht nur in ihrer ganzen Länge schwingt, sondern daß jede ihrer Hälften, jedes ihrer Drittel, ihrer Viertel, ihrer Fünftel, ihrer Sechstel u. s. w. für sich schwingt, und den seiner Länge entsprechenden Ton erzeugt, und daß hierin die Ursache zur Bildung der Harmonien liegt. Gesetzt also die Mitte m der Saite Fig. 141. schwinge von h nach h′, wenn die ganze Saite vibrirt, so verhindert diese Bewegung nicht, daß jede Hälfte um sich selbst schwinge, als ob m in Ruhe wäre; ein gleiches gilt für alle Knoten, welche jedem Drittel, jedem Viertel u. s. w. entsprechen, und wenn fmf′ (Fig. 141.) z. B. eine Stellung der ganzen Saite während ihrer Schwingung vorstellt, so muß man bemerken, daß sie dabei in eine Menge schwingender Theile getheilt ist, von denen mehre in der Figur angegeben sind.

Die tönenden Röhren, wie sie bei den Orgeln vorkommen, sind im allgemeinen wie eine Pfeife oder eine Flöte eingerichtet. Man unterscheidet daran den Fuß, den Aufschnitt und die eigentliche Röhre; der Fuß führt den Wind ein, der Aufschnitt bewirkt das Ansprechen und die Röhre enthält die Luftsäule, welche in Schwingungen treten und den Ton erzeugen sollen. In der Pfeife bringt der Fuß PP′ (Fig. 142.) den Wind durch das Windloch ll′, der Aufschnitt bb′ hat sein unteres Labium (untere Lippe) am Rande b des Windloches, und sein oberes Labium (obere Lippe) am Kerne b′. Bei der Orgelröhre (Labialpfeife oder Flötenwerk Fig. 143.) ist der Fuß hohl und das Windloch ll′, welches den Wind bringt, ist nur eine Art Spalte in der Platte, welche die große Basis des Fußes verschließt; der Aufschnitt ist mehr oder weniger geöffnet d. h. das obere Labium b′ ist mehr oder weniger entfernt; zuweilen ist dieses Labium beweglich, um nach Belieben genähert oder entfernt zu werden. Um den Röhren bei den Versuchen den Wind zu geben, bedient man sich eines gewöhnlichen Blasebalgs SS′ Fig. 144., welcher mit Hilfe des Pedals P aufgeblasen wird; die kleine Leitung TT′ führt den Wind in den Kasten CC′, dessen obere Platte zwölf Löcher OO hat; diese Löcher sind

durch kleine Springventile geschlossen, und öffnen sich nach Belieben mit Hilfe der Tasten HH'. Ist eine Röhre an ihre Stelle gebracht, und der Blasebalg gefüllt, so legt man den Finger auf die Taste und gibt mittelst der Stange tt', welche man mehr oder weniger drückt, den Wind mit mehr oder weniger Gewalt. Nehmen wir zunächst an, daß die Röhre offen sei und daß sie überall denselben Durchmesser habe, so wird man ihr verschiedene Töne entlocken können, indem man ihr den Wind mit mehr oder weniger Gewalt gibt, und wenn es nöthig ist, die Breite des Aufschnitts ändert; und wenn man durch 1 den **Grundton** bezeichnet, d. h. den tiefsten Ton, welchen sie geben kann, so werden die übrigen Töne die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4 u. s. w. befolgen, und man wird durch kein Mittel einen Ton zu erzeugen vermögen, welcher zwischen den angegebenen liegt. Alle cylindrischen oder prismatischen Röhren von derselben Länge werden denselben Grundton geben, und dieselbe Reihe 2, 3, 4 u. s. w., vorausgesetzt, daß ihre Länge zehn= oder zwölfmal so groß, als ihr Durchmesser ist, und daß die Materie, aus welcher sie bestehen, eine geeignete Steifheit hat. Nur wenn die Röhren sehr dünn sind, so werden sie fast immer den Ton 2 und die folgenden geben, aber es wird sehr schwer sein, den Grundton aus ihnen zu ziehen. Wenn die Röhre den Ton 2 gibt, so kann man sie in der Mitte durchschneiden und ihre obere Hälfte wegnehmen, ohne daß der Ton die geringste Veränderung erfährt; gibt sie den Ton 3, so kann man sie eben so in drei Theile zerlegen und ein Drittheil oder sogar die zwei oberen Drittheile hinweg nehmen u. s. f. Für den Ton 2 gibt es also einen **Bauch** in der Mitte der Länge der Röhre d. h, die Luftschicht, welche sich hier befindet, ist während der tönenden Schwingung weder verdünnt, noch verdichtet; denn wenn sie eine Veränderung der Dichtigkeit erlitte, so würde man in diesem Punkte keine Oeffnung machen können, ohne den Ton zu verändern, und noch weniger würde man die obere Hälfte der Röhre wegnehmen dürfen. Für den Ton 3 gibt es zwei Bäuche die eine am Ende des ersten Drittheils, die andere am Ende des zweiten Drittheils der Länge, denn wenn man in diesen Punkten Oeffnungen macht, so wird der Ton nicht verändert, welches immer der Fall ist, wenn man sonst Oeffnungen anbringt. Für den Ton 4 gibt es 3 Bauchungen, für den Ton 5 gibt es 4 u. s. f. Diese Versuche und die Theorie der Blasinstrumente rühren von **Daniel Bernouilli**. Man schließt daraus, daß die tönende Welle, welche dem Grundton einer Röhre (Orgelpfeife) entspricht, dieselbe Länge, wie die Röhre hat, daß die dem Ton 2 entsprechende die Hälfte der Länge und die dem Ton 3 entsprechende $\frac{1}{3}$, die dem Ton 4 entsprechende nur $\frac{1}{4}$ der Länge der Röhre hat; denn die beiden Enden einer Röhre sind nothwendig Bäuche, in denen die Luftschicht weder verdichtet noch verdünnt sein kann, weil sie mit der äußeren Luft in Berührung ist, und der zwischen zwei Bäuchen liegende Raum ist stets die Länge der Welle. Das Gesetz der Schwingungen ändert sich für **geschlossene Röhren**. Man kann sich zum Versuche einer Glasröhre von etwa 30 Zoll Länge und 1 Zoll Durchmesser bedienen (Fig. 145.), in welche man mit Hilfe der

Stange T einen Kolben P schiebt. Nachdem man die Röhre auf einem passenden Mundloche befestigt hat, bringt man sie mit dem Blasebalg in Verbindung, wie Fig. 144. im verkleinerten Maßstabe zeigt, und in indem man den Luftstrom anfangs sehr langsam eintreten läßt, erhält man den Grundton, den wir mit 1 bezeichnen wollen. Vermehrt man allmälig die Kraft des Stromes, so erhält man nach einander die Töne 3, 5, 7 u. s. w. Eine geschlossene Röhre von gleichbleibender Länge gibt mithin verschiedene Töne, welche die Reihe der ungraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w. befolgen, ohne daß es möglich ist, irgend einen zwischen diesen liegenden Ton zu erzeugen. Zu diesem Gesetze kommt noch die merkwürdige Thatsache, daß der Grundton einer geschlossenen Röhre und der Grundton einer offenen Röhre von derselben Länge stets in der Octave gegen einander sind, und daß die geschlossene Röhre den tiefen Ton oder den Ton 1 gibt, während die offene Röhre den hohen Ton oder den Ton 2 gibt. Man kann dieß leicht durch den Versuch bestätigen. Da andererseits die dem Grundton entsprechende Welle einer offenen Röhre so lang wie die Röhre ist, so folgt daraus, daß die Welle, welche den Grundton einer geschlossenen Röhre entspricht, doppelt so lang, wie die Röhre ist. Daniel Bernouilli erklärt diese Thatsache, indem er annimmt, daß die Bewegung des Schalls am verschlossenen Ende der Röhre zurückgeworfen wird, und zur Mündung zurückkehrt. Diese Hypothese erklärt auch, woher es kommt, daß der Ton 3 der erste ist, welcher auf den Grundton folgen kann, denn, wenn man die Länge der Röhre in drei gleiche Theile theilt (Fig. 146.) ET, TT′, T′F, so wird man die beiden ersten Drittheile ET′ so betrachten können, als bildeten sie eine offene Röhre, deren Schwingungen im Einklang mit denen der geschlossenen Röhre T′F sind, welche durch das dritte Drittel gebildet wird, und der erzeugte Schall ist offenbar der Schall 3, weil ET′ seiner Länge nach ein Drittel der offenen Röhre ist, welche den Grundton geben würde, und eben so T′F der dritte Theil der geschlossenen Röhre EF ist. Verhält es sich so, so muß der zweite Ton der geschlossenen Röhre EF derselbe sein, wie der Grundton einer geschlossenen Röhre, deren Länge T′F oder ET wäre. Stößt man den Kolben bis T hinein, so wird der Grundton in der That gleich dem zweiten Ton, welcher der Stellung des Kolbens in F entspricht. Hieraus folgt, daß während der Schwingungen, welche den zweiten Ton geben, die Luftschicht T in demselben Zustande verbleibt, als ob sich daselbst ein fester Boden befände, d. h. daß sie gar keine Schwingungen erleidet; sie bildet daselbst einen Knoten, weil sie in Wahrheit unbewegt bleibt. Also gibt es für den zweiten Ton einer geschlossenen Röhre in der Länge dieser Röhre zwei Bäuche und zwei Knoten; der erste Bauch ist bei der Mündung E, der zweite in zwei Drittel der Länge in T′, und der erste Knoten ist im ersten Drittel in T, der zweite am Boden der Röhre in F. Für den dritten Ton, welcher der Ton 5 ist, gibt es drei Bauchungen und drei Knoten; die erste Bauchung ist immer bei der Mündung, die zweite bei $\frac{2}{5}$ und die dritte bei $\frac{4}{5}$; der erste Knoten ist bei $\frac{1}{5}$, der zweite bei $\frac{3}{5}$ und der dritte bei $\frac{5}{5}$, d. h. am Boden. Eben so gibt es für den Ton 7 vier Bauchungen

und vier Knoten, für den Ton 9 fünf Bauchungen und fünf Knoten u. s. f.; man kann durch den Versuch den Ort und die Existenz aller Bäuche und aller entsprechenden Knoten für einen jeden Ton aufsuchen; hierzu genügt es in allen Punkten, welche bezeichnet wurden, Oeffnungen zu machen; diejenigen, welche den Bauchungen entsprechen, werden den Ton nicht verändern. Man kann auch mittelst der Stange T des Kolbens P Fig. 145. diesen Kolben an alle Punkte stoßen, welche den Knoten entsprechen, so wird der Ton keine Veränderung erfahren, und für alle diese Stellungen des Kolbens derselbe bleiben. Aus allem bisher Gesagten folgt, daß, um mit offnen oder geschlossenen Röhren die Tonleiter herzustellen, indem man nur den Grundton in Anspruch nimmt, man nur sieben offene Röhren zu nehmen braucht, deren Längen sich untereinander verhalten, wie die Zahlen 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{8}{15}$, $\frac{1}{2}$, oder sieben verschlossene Röhren, deren Längen in demselben Verhältnisse stehen. Die Erfahrung scheint sich in dieser Beziehung einigermaßen von der Theorie zu entfernen, denn Röhren, welche genau die angezeigten Verhältnisse hätten, würden eine falsche Tonleiter geben. Dieß kommt aber daher, daß die Luftsäule in der Nähe der Mündung sehr verwickelte Bewegungen erleidet, und man braucht die angegebenen Verhältnisse nur sehr wenig zu ändern, um eine völlig genaue Tonleiter zu haben. Wenn man zu gleicher Zeit zwei Röhren vibriren läßt, welche sehr nahe bei einander liegende Töne geben, wie z. B. C und C mit einem Kreuz, so hört man in geringen Zwischenzeiten ein sehr merkliches Schwellen im Tone, welche merkwürdige Erscheinung das Schlagen (Battement) heißt, und besonders an Orgeln beobachtet wird. Sauveur hat dasselbe zuerst erklärt. Wenn wir zu gleicher Zeit zwei Töne hören, von denen der eine 24 Schwingungen macht, während der andere 25 Schwingungen vollendet, so ist klar, daß bei jeder 24sten Schwingung des ersten und bei jeder 25sten Schwingung des zweiten die Tonwellen wiederum gleichzeitig beginnen. Ihre Anfänge treffen zugleich das Ohr, und dieß Zusammentreffen gibt das Schlagen. Je verschiedener daher die Töne unter einander sind, desto häufiger ist das Schlagen und im Gegentheil je mehr sich die Töne nähern uud vermischen, desto seltener ist das Schlagen. Diese Erscheinung beobachtet man nur sehr schwierig bei den Tönen, welche sich aus den Schwingungen der Saiten ergeben, weil diese im Allgemeinen eine geringere Intensität haben; doch hat Rameau auch hier ihre Existenz erkannt.

Ein Streifen oder eine Stange, welche mit einem ihrer Enden unverrückbar befestigt ist (Fig. 147.), und welche mit einem Bogen gestrichen, oder einfach mit der Hand aus ihrer Stellung gebracht wird, vollendet von L bis L′ eine Reihe gleichzeitiger Schwingungen, welche, wenn sie schnell genug sind, zu wirklich tönenden Schwingungen werden. Daniel Bernouilli hat durch die Theorie das Gesetz dieser Schwingungen bestimmt; er hat gezeigt, daß für denselben Streifen, dem man nach und nach verschiedene Schwingungslängen gibt, die Anzahl der in derselben Zeit ausgeführten Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate dieser Längen steht. Dieses Gesetz findet auf

cylindrische Stangen, prismatische Stangen oder Stäbe und auf Streifen Anwendung, aus welcher Substanz! sie auch bestehen mögen; es ist nur nöthig, daß die Materien gleichartig und die Breite und Dicke in ihrer ganzen Ausdehnung gleich bleibt. Dieses Gesetz kann durch den Versuch bestätigt werden, man braucht nur auf die Decke eines Schallkasten Stäbe von Eisen oder Messing zu befestigen, z. B. Drähte von ein oder zwei Linien Durchmesser, von demselben Ende geschnitten, und ihnen Längen zu geben, die sich unter einander verhalten, wie die Zahlen 1, $\sqrt{\frac{8}{9}}$, $\sqrt{\frac{4}{5}}$, $\sqrt{\frac{3}{4}}$, $\sqrt{\frac{2}{3}}$, $\sqrt{\frac{3}{5}}$, $\sqrt{\frac{8}{15}}$, $\sqrt{\frac{1}{2}}$. Die entsprechenden Töne werden eine richtige Tonleiter bilden. Dieß ist ausgeführt bei dem Justrumente, welches in Fig. 148. dargestellt ist, wie es sich von Oben und von der Seite darstellt. Man gibt ihm diese abgerundete Gestalt, damit der Bogen stets nur Einen Stab auf einmal berührt. Ein einziger Stab kann, wie eine einzige Röhre, eine Reihe verschiedener Töne hervorbringen, wenn er auf verschiedene Weisen vibrirt. Die eben betrachtete Weise gibt den Grundton; die folgenden Arten geben nach einander 1, 2, 3 Schwingungsknoten und immer höhere Töne. Chladni hat durch Versuche nachgewiesen, daß, wenn man den Grundton mit 4 bezeichnet, der zweite Ton, welcher Einem Schwingungsknoten entspricht, durch 25 und daß, wenn man diesen mit 3^2 bezeichnet, die folgenden Töne, welche 2, 3 u. s. w. Schwingungsknoten entsprechen, durch die Zahlenreihe 5^2, 7^2, 9^2, u. s. w. dargestellt sind.

Für die Theorie des Schalls und des Tones ist ein wichtiges Instrument die Sirene. Dasselbe hat diesen Namen von seinem Erfinder Cagniard de la Tour erhalten, weil es die Eigenthümlichkeit hat, im Wasser und in verschiedenen Flüssigkeiten direct tönende Schwingungen hervorzubringen. Fig. 149. stellt dasselbe dar; TT'FF' ist ein cylindrischer Kasten von Kupfer, welcher zwei oder drei Zoll Durchmesser und ungefähr einen Zoll Höhe hat; die obere Fläche der Decke TT' ist eben und wohl polirt. SS' ist eine Oeffnung, welche mitten durch den Boden FF' geht. YY' ist eine Windröhre, welche in die Oeffnung SS' eingepaßt oder eingeschraubt ist. V sind Oeffnungen in dem Deckel TT', welche ringsherum gehen und sich in gleichen Abständen von einander befinden (Fig. 150.). Man kann deren z. B. 10 anbringen und ihnen solche Durchmesser geben, daß die Zwischenräume, welche sie trennen, etwas breiter sind, als die Oeffnungen selbst. PP' ist eine bewegliche Scheibe, deren untere Fläche genau auf die Tafel paßt, ohne jedoch eine starke Reibung auszuüben. X ist eine Achse, um die sich die Scheibe PP' mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit drehen kann. U sind Oeffnungen, welche durch die Platte PP' gehen und die den Oeffnungen V des Deckels genau entsprechen, sowohl hinsichtlich der Anzahl als der Stellung und der verhältnißmäßigen Abstände (Fig. 150.). Auf diese Weise sind alle Oeffnungen des Deckels entweder zugleich geöffnet oder zugleich geschlossen, je nachdem bei der Umdrehung der Platte PP' die Oeffnungen dieser oder die Zwischenräume auf die Oeffnungen des Deckels fallen. J ist eine Schraube ohne Ende am obern Theile der Drehungsachse X, RR' ein Rad mit

100 Zähnen, welches die Schraube ohne Ende in Bewegung setzt, CC' ein unabhängiges Rad, welches bei jeder Umdrehung des Rades RR' nur um einen Zahn fortrückt; ein an die Achse RR' befestigter Arm stößt dasselbe um einen Zahn fort. Die Achsen dieser Räder tragen Nadeln, welche eingetheilte Chiffreblätter D und D' (Fig. 151.) durchlaufen; diese Nadeln und die Räder, welche sie in Bewegung setzen, bilden den Zähler der Sirene. Man kann den Zähler nach Willkür in Bewegung setzen oder anhalten. Zu diesem Zwecke braucht man nur den Knopf B zu drücken, dann greift das Rad RR' in die Schraube ohne Ende, oder den Knopf B', dann wird dieses Eingreifen aufgehoben. In dem letzten Falle schlagen die Zähne dieses Rades gegen einen Sperrzahn, welcher sogleich die erlangte Geschwindigkeit aufhebt. Es muß noch erwähnt werden, daß die Oeffnungen der Scheibe gegen die Flächen geneigt sind (Fig. 152.), so daß die Geschwindigkeit des Windes, welcher durch die Windröhre in den Kasten getrieben wird, hinreicht der Platte eine mehr oder weniger schnelle drehende Bewegung mitzutheilen. Um nun das Spiel der Sirene als akustisches Instrument zu verstehen, nehmen wir einen Augenblick an, daß sich in dem Deckel nur ein einziges Loch und in der Scheibe deren 10 befinden. Dann wird während einer Umdrehung der Scheibe die Oeffnung des Deckels 10mal geöffnet und 10mal geschlossen sein und mithin wird der Luftstrom, welcher durch die Windröhre eintritt, zehnmal stattfinden und zehnmal unterbrochen sein. Dies geschieht in 1 oder $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{100}$ Secunde, je nachdem die Scheibe 1,10 oder 100 Umdrehungen in einer Secunde macht und da die Luft, welche lebhaft eingestoßen und plötzlich aufgehalten wird, bei jedem Wechsel eine Schwingung erzeugt, so folgt, daß man bei jeder Umdrehung der Scheibe auf diese Weise zwanzig Schwingungen haben wird und folglich 20, 200 oder 2000 Schwingungen in der Secunde. Auf diese Weise muß die Sirene Töne geben, welche gradweise steigen oder vielmehr in unmerklichen Nüancen vom tiefsten bis zum höchsten Tone sich erheben. Die Versuche bestätigen dieß. Durch die zehn Oeffnungen in dem Deckel wird die eben betrachtete Wirkung nur verzehnfacht. Die Anzahl, Gestalt und Größe der Oeffnungen scheinen auf den Klang des Schalles einen Einfluß zu haben, von dem man sich bis jetz noch nicht genau Rechenschaft zu geben weiß. Nach Cagniard de la Tour nähert sich der Ton der Sirene der menschlichen Stimme, wenn die Zwischenräume zwischen den Oeffnungen sehr klein sind und dem Klange der Trompete, wenn dieselben sehr groß sind.

Man kann die absolute Anzahl der Schwingungen, welche einem gewissen Tone entsprechen, mit Hilfe der Sirene oder der schwingenden Platten oder der Röhren oder der Saiten zählen.

1) Gesetzt z. B. man suche mit Hilfe der Sirene die Anzahl der Schwingungen zu bestimmen, welche dem Tone der Stimmgabel entsprechen, deren man sich bedient, um die musikalischen Instrumente in Einklang zu bringen. Zu dem Zwecke stelle man auf den Tisch des Blasebalgs Fig. 144. eine offene oder geschlossene Röhre, deren Grundton mit der Stimmgabel übereinstimmt; hierauf stelle man neben diese Röhre die

Windröhre der Sirene und indem man den Luftdruck des Blasebalgs mit der Stange tt′ modificirt, so gelangt man dahin die Sirene mit der benachbarten Röhre in Uebereinstimmung zu bringen und diese Uebereinstimmung einige Minuten lang zu erhalten. So wie diese Uebereinstimmung eingetreten ist, muß man, während die Töne hervorgebracht werden, zugleich gegen den Knopf des Zählers der Sirene drücken, damit das Rad eingreift und gegen den Knopf eines guten Chronometers, um die Zeit zu messen; darauf muß man, nachdem etwa zwei Minuten lang der Einklang aufmerksam gehört worden ist, gleichzeitig den Zähler und den Chronometer anhalten. Auf diese Weise erhält man durch den Zähler die Anzahl der Schwingungen und durch den Chronometer die verflossene Zeit, woraus man mit Leichtigkeit abnehmen kann, wie viele Schwingungen auf eine Secunde kommen. Bei einigen Versuchen, brachte Cagnard de la Tour die Sirene auf ein Gasometer und unterhielt die Gleichförmigkeit der Bewegung durch verschieden verbundene Flügel. Dieses Verfahren ist aber weniger einfach und sicher als das vorerwähnte, übrigens kommt man immer ziemlich zu demselben Resultat, nämlich daß das a der gewöhnlichen Stimmgabel 427 Schwingungen in der Secunde entspricht.

2) Um die absolute Anzahl von Schwingungen mit Hilfe der Stangen oder Streifen zu zählen richtete Chladni den Versuch auf folgende Weise ein: er nahm einen Messingstreifen von einer halben Linie Dicke und $\frac{1}{2}$ Zoll Breite und zwängte ihn in einen wohlbefestigten Schraubstock (Fig. 147.), indem er ihm eine vorragende Länge gab, so daß er vier Schwingungen in einer Secunde machte. Diese Schwingungen sind langsam genug, so daß man sie mehre Minuten lang mit Genauigkeit zählen kann. Darauf macht man den Streifen locker, nachdem vorher seine Länge mit Genauigkeit gemessen worden und schiebt ihn tiefer in den Schraubstock, so daß sich seine schwingende Länge immer mehr vermindert, bis sie z. B. in Einklang mit der Stimmgabel ist. Hierauf mißt man ihre Länge aufs Neue und durch den Vergleich dieses zweiten Versuches mit dem ersten erhält man die Anzahl der Schwingungen nach dem Gesetze, daß die Anzahl der Schwingungen im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrat der Länge steht. Der Ton ist anhaltender und leichter zu vergleichen, wenn man ihn mit Hilfe eines Bogens erhält, aber man muß sehr darauf Acht haben, daß der Streif in seiner ganzen Länge schwingt und keine Schwingungsknoten in ihm erzeugt werden.

3) Das eben erwähnte Schlagen (Battement) der Röhren wurde von Sauveur angewendet, um einen festen Ton zu bestimmen zu einer Zeit, wo man weder die Gesetze der Schwingungen der Saiten noch die der Schwingungen der Streifen kannte. Nehmen wir mit Sauveur an, daß man drei Röhren von mehren Fuß Länge habe und daß man sie so in Einklang bringe, daß die erste mit der zweiten die Terz CE und mit der dritten die kleinere Terz CE^b gebe. Dann ist die Anzahl der Schwingungen von $C = 1$ oder $\frac{20}{20}$, die von $E = \frac{5}{4}$ oder $\frac{25}{20}$ unv die von $E^b = \frac{5}{4} \times \frac{24}{25} = \frac{24}{20}$. Läßt man nun aber zugleich E und E^b tönen, so hört man sehr deutliche

Schläge in Zwischenräumen, sodaß man sie mehre Minuten lang zählen kann. Gesetzt man zähle 480 in zwei Minuten, so gibt dies vier Schläge in der Secunde d. h. E und E^b begegnen sich viermal; aber zu einer Begegnung sind offenbar 25 Schwingungen von E und 24 von E^b nöthig; also macht E 100 Schwingungen in der Secunde und E^b nur 96 und C wird folglich nur 80 machen. In dieser Voraussetzung sind dieses die Anzahlen der Schwingungen, welche diesen Tönen entsprechen; man braucht folglich nur die Stelle zu kennen, welche sie in der Claviatur einnehmen, um daraus die absoluten Schwingungszahlen aller Töne abzuleiten.

4) **Mersenne** hat versucht, die Schwingungsanzahl der Töne mit Hilfe der Saiten zu bestimmen; aber man kannte damals noch nicht die allgemeine Formel von **Taylor**, welche das Verhältniß zwischen der Dauer der Oscillationen, der Länge der Saiten, ihrer wesentlichen Beschaffenheit und ihrer Spannung ausdrückt. Diese Formel ist $N^2 = \frac{gP}{CL}$. Hierin bezeichnet N die Anzahl der Schwingungen in einer Sexagesimal-Secunde, g die Intensität der Schwere (vergl. Pendel S. 97.) oder $9^{mt},8088$, P das Gewicht, welches die Saite spannt, L die Länge der Saite, C das Gewicht der Länge L der Saite. Man sieht hieraus, daß, um durch Rechnung die Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite bei Erzeugung eines gewissen Tones macht, zu finden, man nur das Gewicht P, welches ihr die Spannung gibt und den Abstand L zweier Stege zu kennen braucht, den Werth von C wird man leicht ableiten können, nachdem man eine beliebige Länge der Saite gewogen hat; setzt man diese Zahl in die Formel, so erhält man das Quadrat der Anzahl der Schwingungen, welche in einer Secunde gemacht worden sind.

Nach **Fischer's** sorgfältigen Versuchen beträgt die Anzahl der Schwingungen des a als desjenigen Tones, den eine leere a Saite einer Violine gibt, in einer Secunde nach der Stimmung des Berliner Theaters 437, nach der Stimmung der großen Oper zu Paris 431, nach dem Theater Feydeau 428 und nach dem italienischen Theater in Paris 424 Schwingungen.

Die männliche Stimme erstreckt sich im Allgemeinen von G bis $\bar{f}$, die weibliche von $\bar{d}$ bis $\bar{\bar{a}}$.*) Hiernach macht die Stimme des Mannes für den tiefsten Ton 191 Schwingungen in der Secunde, 678 für den höchsten Ton und die Stimme des Weibes macht 572 Schwingungen für den tiefsten Ton und 1606 für den höchsten.

Die höchsten Töne, welche wir zu hören vermögen, sind diejenigen, welche z. B. bei der Flügelbewegung gewisser Insekten entstehen und diese erheben sich ohne Zweifel bis zu mehr als 12 oder 15000

*) Man bezeichnet im Deutschen die Töne bekanntlich mit C, D, E, F, G, A, H, c, d u. s. w. Im Französischen heißen die Töne Ut, Re, Mi, Fa, Sol, La, Si, Ut u. s. w., so daß sich die Töne entsprechen nach folgendem Schema:

Schwingungen in der Secunde. Nun ist aber anzunehmen, daß sich das Trommelfell in Einklang mit dem Tone setzt, welchen es vernimmt und daß es also im Stande ist, in einer Secunde eben so gut 32 Schwingungen zu machen, welche den tiefsten Ton geben, wie 12 oder 15000 Schwingungen, welche den höchsten wahrnehmbaren Ton geben.

Um die absolute Länge der tönenden Wellen in irgend einem Mittel zu bestimmen, braucht man nur die Geschwindigkeit zu kennen, mit welcher sich der Schall in diesem Mittel fortpflanzt und die Anzahl der Schwingungen, welche den Ton erzeugen. Da in der Luft z. B. die Geschwindigkeit des Schalles 340 Metres in der Secunde beträgt, so ist klar, daß ein Ton, welcher das Resultat von 340 Schwingungen in der Secunde wäre, Undulationen von ein Metre Länge geben werde, denn jede Schwingung erregt eine Welle und die 340 Wellen, welche in einer Secunde erregt werden, nehmen genau 340 Metres Länge ein. Man sieht also, daß im Allgemeinen die Länge der Welle gefunden wird, wenn man die Geschwindigkeit des Schalls durch die Anzahl der Schwingungen dividirt.

Wir haben schon gesehen, daß die Streifen, Stangen oder Cylinder schnelle Schwingungen erleiden und Tonwellen erregen können, wenn man sie senkrecht auf die Axe erschüttert. Diese Schwingungen, deren Gesetze sehr einfach sind, heißen transversale (quere) Schwingungen. Noch sind die longitudinalen (Längen-) Schwingungen zu betrachten, d. h. diejenigen, welche man in Röhren, Stäben, Saiten u. s. w. erregen kann, wenn man ihren Bestandtheilchen (Moleculen) der Axe parallele Geschwindigkeiten mittheilt. Gesetzt z. B. man nehme ein Glasröhre von ohngefähr 2 Metres Länge und 3 oder 4 Centimetres Durchmesser und übe auf eine ihrer Hälften, während man sie mit der einen Hand genau in ihrer Mitte hält, mit einem Stück feuchten Tuches eine Reibung aus, so wird man augenblicklich einen Ton vernehmen, und nach einiger Uebung wird man diesem einen großen Grad von Schärfe und Reinheit geben können. Die Schwingungen, welche man auf diese Weise hervorbringt, sind offenbar longitudinale Schwingungen. Wenn man immer auf dieselbe Weise durch eine hin- und herfahrende Bewegung reibt, aber mit mehr oder weniger Geschwindigkeit und mehr oder weniger Druck, so wird man eine Reihe

---

Ut$_1$	Re$_1$	Mi$_1$	Fa$_1$	Sol$_1$	La$_1$	Si$_1$
C	D	E	F	G	A	H
Ut$_2$	Re$_2$	Mi$_2$	Fa$_2$	Sol$_2$	La$_2$	Si$_2$
c	d	e	f	g	a	h
Ut$_3$	Re$_3$	Mi$_3$	Fa$_3$	Sol$_3$	La$_3$	Si$_3$
$\overline{c}$	$\overline{d}$	$\overline{e}$	$\overline{f}$	$\overline{g}$	$\overline{a}$	$\overline{h}$
Ut$_4$	Re$_4$	Mi$_4$	Fa$_4$	Sol$_4$	La$_4$	Si$_4$
$\overline{\overline{c}}$	$\overline{\overline{d}}$	$\overline{\overline{e}}$	$\overline{\overline{f}}$	$\overline{\overline{g}}$	$\overline{\overline{a}}$	$\overline{\overline{h}}$

w.

verschiedener Töne erzeugen können und wenn man den ersten Ton der Reihe, d. h. den tiefsten mit 1 bezeichnet, so läßt sich leicht nachweisen, daß die übrigen Töne durch die Reihe der natürlichen Zahlen 2, 3, 4 ausgedrückt werden. Man muß schon einen hohen Grad von Uebung und Geschicklichkeit besitzen, um noch den Ton 4 herauszubringen, wenn die Röhre nur zwei Metres Länge hat, wie vorausgesetzt wurde. Dieselben Resultate erhält man mit langen prismatischen Glasstreifen oder mit massiven Cylindern von derselben Substanz, eben so mit Röhren, Streifen und Cylindern von Holz oder Metall; nur bei diesem letztern würde es oft bequemer sein, eine andere Art der Erschütterung anzuwenden. Anstatt mit feuchtem Tuche zu reiben, wird man mit Tuch reiben können, welches mit Harz bestreut ist; noch besser ist es, mit Mastix oder Siegellack an das eine der Enden der Cylinder oder der Streifen und auf die Verlängerung ihrer Axe eine hohle oder volle Glasröhre von etwa ein Decimetre Länge und fünf oder sechs Millimetre Durchmesser zu befestigen. Dann wird die angegebene Hilfsröhre mit feuchtem Tuche erschüttert und wenn der Mastix oder das Wachs wohl gegossen sind, so werden sich die Schwingungen ohne Mühe mittheilen. Wenn also grade Stangen in der Mitte unterstützt und an den Enden frei sind, so vibriren sie wie offene Röhren und geben Töne, welche die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4 u. s. w. befolgen. Man kann sich leicht durch den Versuch überzeugen, daß Stäbe von derselben Substanz für ihren Grundton stets in Einklang sind, wenn sie dieselbe Länge besitzen, ihre Breite und Dicke mag sein welche sie will, nur müssen diese beiden Abmessungen stets klein gegen die dritte sein. Dagegen geben bei gleicher Länge Stäbe von verschiedenen Substanzen verschiedene Töne. Man kann indeß bemerken, daß sehr lange Stäbe den Ton 2 oder den Ton 3 leichter als den Grundton geben. Diese Resultate vervollständigen die Analogie, welche wir zwischen den Schwingungen an ihren Enden freier Stäbe und den Schwingungen offener Röhren bemerkt haben. Während daß diese festen Massen schwingen, vertheilt sich ihre Bewegung sehr ungleich in alle ihre Bestandtheilchen; der größte Theil derselben macht größere oder kleinere Ausweichungen und eine kleine Anzahl bleibt stets in Ruhe. Die Reihe der Ruhepunkte bildet auf der Oberfläche Linien, welche Knotenlinien heißen und wir werden nach den Beobachtungen von Savart zeigen, daß bei den Schwingungen, um die es sich handelt, die Knotenlinien um die Röhren und Cylinder Curven beschreiben, welche den Schraubenlinien sehr ähnlich sind d. h. einer Linie gleich der, welche die Schneide einer Schraube beschreibt und daß die unregelmäßigeren Curven um prismatische Streifen mehr oder weniger unvollkommenen Schraubenlinien gleichen. Gesetzt wir stellten den Versuch zunächst mit einer langen Glasröhre an, aus welcher man nur den Grundton lockt. Man hält diese Röhre ziemlich horizontal und schiebt über diejenige Hälfte, welche nicht mit dem feuchten Tuche gerieben wird, einen leichten Papierring (Fig. 153.), welcher z. B. den doppelten oder dreifachen Durchmesser der Röhre hat und beobachtet die Bewegungen dieses Ringes, welcher den kleinen Papierreitern entspricht, deren sich Sauveur be-

diente, um die Knoten schwingender Saiten zu zeigen. Sowie der Ton sich hören läßt, gleitet der Ring auf der Oberfläche der Röhre mit großer Lebhaftigkeit hin und bleibt endlich in einem gewissen Punkte stehen, zu dem er unaufhörlich zurückkehrt, wenn man ihn davon entfernt. Man bezeichnet diesen Punkt mit Dinte, er macht offenbar einen Theil der Knotenlinie aus; hierauf dreht man die Röhre ein wenig in der Hand, um eine andere Kante, auf welcher der Ring ruht, nach oben zu führen. Durch Wiederholungen des vorigen Versuches findet und bezeichnet man einen zweiten Punkt der Knotenlinie. Fährt man fort die Röhre nach und nach in demselben Sinne zu drehen, so kann man nach und nach alle Punkte der Knotenlinie bezeichnen und findet auf diese Weise, daß sie eine Art Schraubenlinie mit sehr erweitertem Gange bildet, welche mehre Mal um die Röhre herumgeht. Fig. 153. stellt dieses ungefähr vor. Dreht man die Röhre, um den Ring auf ihre andere Hälfte zu setzen, so findet man hier eine ganz gleiche Curve mit dem besondern Umstande, daß die eine dieser Curven nicht die Fortsetzung der andern ist, daß aber alle beide von der Mitte auszugehen und sich in demselben Sinne umzuwickeln scheinen. In seltenen Fällen kommt es vor, daß die Schraubenlinie erst in dem einen Sinne z. B. von rechts nach links sich wendet und sich dann plötzlich in die entgegengesetzte Richtung oder von links nach rechts umwendet und wenn diese Erscheinung an dem einen Ende der Röhre auftritt, oder vielmehr an der einen Hälfte, so tritt sie ziemlich in derselben Entfernung vom Ende auch auf der andern auf. Die innere Oberfläche der Röhre bietet eine Knotenlinie dar, welche der auf der äußern Oberfläche gezogenen durchaus ähnlich ist; aber diese beiden Linien sind diametral entgegengesetzt d. h. wenn man annimmt, daß die Röhre in zwei gleiche der Axe parallele Theile zerschnitten sei (Fig. 154.) und sich z. B. zwei Punkte der Knotenlinie U, U′ auf der äußern Kante befinden, welche nach oben gerichtet ist, so wird es zwei entsprechende Ruhepunkte B, B′ auf der innern Kante geben, welche nach unten gerichtet ist; und umgekehrt befinden sich die beiden Ruhepunkte O, O′ der äußern Kante, welche nach unten gerichtet ist, senkrecht unter H, H′ auf der innern Kante, welche nach oben gerichtet ist. Um den Lauf der innern Knotenlinie zu bestimmen, bringt Savart in die wohl ausgetrocknete Röhre etwas Sand, dessen Körner gleichmäßig gut ausgetrocknet und hinlänglich stark sind, oder auch eine kleine Kugel von Kork oder Wachs; die Sandkörner oder die Kügelchen zeigen bei diesen Versuchen zuweilen eigenthümliche Drehungsbewegungen, welche von den zu beiden Seiten der Knotenlinie entgegengesetzten Geschwindigkeiten abhängen. Wenn man statt des Grundtones einer Röhre die Töne 2, 3 oder 4 entlockt, so findet man den vorher erwähnten ähnliche Knotenlinien. In der Richtung der Schraubenlinie finden aber für den Ton 2 stets zwei Umkehrungen statt d. h. von dem einen Ende der Röhre ausgehend wendet sich die Schraubenlinie z. B. von rechts nach links ungefähr bis zum ersten Viertheil der Länge, dort kehrt sie um und wendet sich nun bis zum dritten Viertheil von links nach rechts und dort endlich kehrt sie nochmals um, um sich wie anfangs von rechts nach

links zu wenden. Für den Ton 3 gibt es drei Umkehrungen; die erste beim ersten Sechstheil der Länge, die zweite beim dritten Sechstheil und die dritte beim fünften Sechstheil. Für den Ton 4 finden 4 Umkehrungen Statt; nämlich beim ersten, dritten, fünften und siebenten Achttheil der Länge.

Die Knotenlinien der Streifen und prismatischen Stäbe sind weder so einfach, noch lassen sie sich so leicht ziehen. Wenn man auf einen langen und schmalen Streifen Sand aufträgt, so wird man ihn während der longitudinalen Schwingungen lebhaft gleiten sehen und bemerken, wie er sich in gewissen Stellungen aufhäuft und grade Linien bildet, welche senkrecht auf den Kanten stehen, welche also genau transversal sind (Fig. 155.) und wenn man diesen Streifen umdreht, um die Oberfläche, welche vorher nach oben gerichtet war, nach unten zu richten, so erhält man ein entsprechendes Resultat. Aber die Knoten dieser Fläche entsprechen denen der ersten nicht, sondern sind gegen dieselbe in einem bestimmten Gegensatze (Fig. 156.). Dieser Gegensatz ist deutlicher in Fig. 157. dargestellt, welche einen Durchschnitt des Streifens zeigt, in welchem die Knoten der untern Flächen so dargestellt sind, wie man sie erhält, wenn diese Fläche nach oben gerichtet ist. Wenn ein Streifen hinlänglich dick ist, so daß man beobachten kann, was im Schnitte desselben vorgeht, so erkennt man ohngefähr diejenige Lage der Knotenlinie, welche in Fig. 158. dargestellt ist. Zu diesem Resultate wurde wenigstens Savart bei einem seiner Versuche geführt. Der Streifen, dessen er sich bediente, war eine quadratförmige Eisenstange von einem Metre Länge und von zwei Centimetre Seite. Die Schwingungen wurden hervorgebracht durch schwache Hammerschläge gegen das eine Ende und man erblickte auf den Durchschnitten schlangenförmige Knotenlinien, welche eine Verbindung zwischen den entgegengesetzten Knoten der obern und untern Flächen bildeten. Ist endlich die Breite der Streifen etwas groß gegen die Dicke, so verschwinden die geraden transversalen Linien auf den obern und untern Flächen oder wenden sich vielmehr so, daß sie dem Auge einen ganz andern Anblick darbieten. Einen solchen zeigt Fig. 159., wie man ihn mit einem Streifen von 4 oder 5 Centimetres Breite und nur einigen Millimetres Dicke erhält; die punktirten Linien geben die Gestalt und Stellung der Knotenlinie an, welche die untere Oberfläche darbietet, wenn sie nach oben gerichtet ist und ohne Zweifel bildet sich diese Knotenlinie, auch wenn jene Fläche nach unten gerichtet ist, und man oberwärts jene Knotenlinie beobachtet, welche die vollen Linien darstellen.

Wenn die Stäbe an einem Ende befestigt sind, entweder, indem man sie in einem Schraubstock befestigt oder in eine feste Masse eingelassen hat, so können sie noch in longuitudinale Schwingungen treten und den eben angeführten ähnliche Erscheinungen hervorbringen. Die Reihe der Töne, welche sie dann geben, ist wie bei den an einem Ende geschlossenen Röhren durch die Reihenfolge der Zahl 1, 3, 5 u. s. w. dargestellt. Die Knotenlinien derselben sind mit wenigen Abänderungen beinahe dieselben, wie bei den freien Stäben.

Man kann endlich die Stäbe an ihren beiden Enden befestigen, indem man sie in feste und unbewegliche Werkstücke einsetzt. Die Töne, welche sie unter diesen Umständen erzeugen und die Knotenlinien, welche sie darbieten, scheinen sich in nichts von den Tönen und Knotenlinien zu unterscheiden, welche man von ihnen erhält, wenn sie frei sind. Die hierher gehörigen Versuche sind im Allgemeinen sehr schwierig, werden aber einfach und leicht; wenn man sich zu denselben der Saiten an Instrumenten bedient. Fig. 160. zeigt eine gewöhnliche Saite, welche zur Herstellung von longitudinalen Schwingungen eingerichtet ist. BB′ ist ein großes und starkes Lineal von Holz; AA′ ein in das Lineal befestigtes Stäbchen von Stahl; CC′ die vibrirende Saite, die durch eine Schleife an AA′ befestigt ist, über den Steg H geht und endlich an den Schlüssel F befestigt ist, mit welchem man sie stärker oder schwächer anziehen kann. Man streicht den Stab A A an seinem obern Ende mit einem Bogen, den man genau mit der Saite parallel halten muß; dann nimmt die Saite sehr merkliche Schwingungen an. Wenn man auf die Länge derselben kleine Papierreiter oder kleine Ringe von Papier setzt und den Apparat so um sich selbst windet, daß endlich die Saite nach unten kommt, so kann man sich überzeugen, daß selbst bei einem Cylinder von so kleinen Dimensionen noch eine schraubenförmige Knotenlinie entsteht, wie bei den vorerwähnten Versuchen.

Außer den transversalen und longitudinalen Schwingungen können die geraden Stäbe noch normale und drehende Schwingungen ausführen; diese letztern können nur an Stäben erregt werden, welche an einem ihrer Enden befestigt sind. Zu diesem Zwecke führt Chladni nur den Bogen sehr leicht über einen senkrecht auf ihrer Axe stehenden Durchschnitt, indem er alle nöthigen Vorsichtsmaßregeln anwendet, um nicht die transversalen Schwingungen zu erregen, von denen gesprochen wurde. Diese Bewegung des Bogens bestimmt den Stab zu einer Art von Drehung, welche hinlänglich schnell hin und hergeht, um tönende Wellen zu erzeugen. Die senkrechten Schwingungen sind immer mit longitudinalen vermischt, so daß man, um zu wissen, was einer jeden zukommt, bei den Versuchen die Rechnung zu Hilfe nehmen muß. Hier aber genügt es diese beiden letztern Schwingungsarten anzugeben, um begreiflich zu machen, daß sie mit den beiden ersten wesentlich zusammenhängen und daß sie, wie jene, von der Elasticität der Materie abhängen, so daß, wenn die eine dieser Arten bekannt ist, die drei andern sich nothwendig davon ableiten. Zwar ist die Wissenschaft noch nicht dahin gelangt, diese Abhängigkeit auf allgemeine und vollständige Weise zu bestimmen, aber sie kann wenigstens in einigen einzelnen Fällen bestimmte Schwingungsarten bestimmen, wenn andere gegeben sind. Folgende Resultate hat in dieser Beziehung Poisson gefunden.

1) Das Quadrat der Anzahl der longitudinalen Schwingungen einer Saite verhält sich zum Quadrate der Anzahl ihrer transversalen Schwingungen in derselben Zeit, wie ihre Länge zur Verlängerung, welche sie durch die Spannung erlitten hat. Oder es ist $N'^2 : N^2 = L : A$, wenn L die Länge der Saite bezeichnet, welche erst longitudinal, und dann transversal schwingt, A die Verlängerung, welche

diese Saite erfahren hat, vermöge der Spannung, welche sie erleidet; N′ die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche sie in einer gewissen Zeit ausführt; N die Anzahl der transversalen Schwingungen, welche sie in derselben Zeit ausführt.

2) Wenn ein Stab an einem seiner Enden eingefügt ist und nach einander longitudinale und drehende Schwingungen ausführt, so hat man $N^2 : N'^2 = 5 : 2$. N ist die Anzahl der longitudinalen, N′ die Anzahl der drehenden Schwingungen. Das Verhältniß ist also unabhängig von Länge und Dicke.

3) Wenn ein cylindrischer Stab an seinen beiden Enden frei ist, so verhält sich die Anzahl der longitudinalen Schwingungen, welche er in einer gewissen Zeit macht, zur Anzahl der transversalen Schwingungen, welche er in derselben Zeit macht, wie seine hundertfache Länge zu 356fachen Radius. Oder man hat $N : N' = 100\ L : 356\ R$. L ist die Länge des cylindrischen Stabes; R sein Radius; N die Anzahl der longitudinalen Schwingungen; N′ die der transversalen. Die Zahlen N und N′ beziehen sich auf den Grundton jeder Art von Schwingungen.

4) Wenn man die vorhergehende Aufgabe auf einen parallelipipedischen Stab von der Länge L anwendet, dessen Dicke gleich E ist, so hat man $N : N' = 100\ L : 206\ E$. Die beiden letzten Aufgaben sind durch Versuche von Savart bestätigt worden. Da aber ein Stab, welcher longitudinal schwingt, um einen leicht wahrnehmbaren Grundton zu geben, lang sein muß, und im Gegentheil kurz, wenn er transversal schwingt; so muß man, um den Vergleich anzustellen, zwei Stäbe anwenden, z. B. einen Stab von 1 Metre Länge für die Schwingungen der ersten Art und einen andern von $\frac{1}{8}$ Metre Länge für die Schwingungen der zweiten Art. Hat man gefunden, daß der Ein Metre lange Stab 100 longitudinale Schwingungen macht, so weiß man nach dem Vorhergehenden, daß, wenn man den Ton wahrnehmen könnte, welchem ein Stab von demselben Stoffe und $\frac{1}{8}$ Metre Länge hervorbringt, derselbe 8000 Schwingungen entsprechen würde. Auf diese Weise wurden die Werthe von N abgeleitet, um folgende Tafel zusammen zu stellen.

1. Parallelipipedischer Stab von Messing.

$L = \frac{1}{8}\ (0^m, 825)$, $E = 3^{mm},92$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt	N′ = 2668
Die Beobachtung gab	N′ = 2667
Differenz	+ 1.

2. Cylindrischer Stab von Messing.

$L = \frac{1}{8}\ (0^m, 825)$, $R = 2^{mm},4$ $N = 34133$

Die Rechnung gibt	N′ = 2829
Die Beobachtung	N′ = 2844
Differenz	— 15.

3. Cylindrischer Stab von Rothkupfer.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 825), R = 1^{mm},7 N = 36864

Die Rechnung gibt .... { N′ = 2164

Die Beobachtung gab .... { N′ = 2133

Differenz............+ 31.

4. Cylindrischer Stab von Eisen.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 88), R = 2^{mm},5 N = 45514

Die Rechnung gibt................ { N′ = 3683

Die Beobachtung gab .... { N′ = 3686

Differenz............— 3.

5. Parallelepipedischer Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 967), E = 6^{mm},4 N = 42667

Die Rechnung gibt.... .... { N′ = 4645

Die Beobachtung gab .... { N′ = 4608

Differenz..........+ 37.

6. Parallelepipedischer Stab von Glas.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 967), E = 2^{mm},6 N = 42667

Die Rechnung gibt................. { N′ = 1887

Die Beobachtung gab.............. { N′ = 1843

Differenz...............+ 44.

7. Parallelepipedischer Stab von Buche.

$L = \frac{1}{8}$ (0^m, 8925), E = 2^{mm},8 N = 40960

Die Rechnung gibt................. { N′ = 2114

Die Beobachtung gab .... { N′ = 2048

Differenz............+ 66.

Man bemerkt in allen diesen Resultaten eine hinreichende Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung. Aus den Versuchen 1. und 2. sieht man deutlich, daß die Anzahl der longitudinalen Schwingungen nur von der Länge abhängt, und zugleich daß die transversalen Schwingungen der Dicke nicht einfach proportional sind, weil sonst der zweite Werth von N′, aus dem ersten abgeleitet nicht 2844 sondern 3265 sein würde. Die Theorie Poissons zeigt in der That, daß diese Schwingungen durch die Gestalt modificirt sind, und daß unter übrigens gleichen Bedingungen, die parallelepipedischen Schwingungen durch $\sqrt{\frac{3}{4}}$ multiplicirt werden müssen um die cylindrischen Schwingungen zu erhalten. So erhält man auch durch Multiplication von 3265 mit $\sqrt{\frac{3}{4}}$ die Zahl 2828, welche wenig von 2829 abweicht, welches das Resultat directer Beobachtung ist. Bei den Versuchen 5. und 6. ist der Einfluß der Gestalt verschwunden, weil beide Stäbe parallelepipedische sind und man findet wirklich, daß die transversalen Schwingungen den Dicken einfach proportional sind.

Um Platten und Scheiben schwingen zu lassen, bedient man sich gewöhnlich eines Pressapparates, wie er in Fig. 161. vorgestellt ist. Die Schraube T dient, den Apparat selbst an einen Tisch oder irgend einen festen Körper zu befestigen, und die Schraube P dient die Scheibe gegen einen kleinen vorspringenden Cylinder C zu pressen. Die Enden der Schraube und des Cylinders müssen mit einem kegelförmigen Stück festen und dicken Büffelfells bedeckt sein. Ist die Scheibe auf diese Weise entweder in ihrem Mittelpunkte oder in einem andern ihrem Rande mehr oder weniger nahen Punkte befestigt, so erschüttert man sie mit einem Bogen, welcher sie senkrecht gegen ihre Ebenen streicht. Der entstehende Schall ist gewöhnlich hinlänglich bestimmt, um den Ton desselben an einem Pianoforte oder andern Instrumente anzugeben. Ohne irgend wie die Anordnung der Scheibe zu ändern und fast ohne die Bewegung des Bogens zu modificiren, kann man sehr verschiedene Töne erhalten, deren Reihe so zufällig und veränderlich ist, daß es bei nicht sehr großer Uebung fast unmöglich ist, genau denselben Ton zweimal hintereinander zu erzeugen. Je schwerer es aber ist den Zahlenwerth der Töne zu bestimmen, welche eine auf irgend eine Weise befestigte Platte hervorbringen kann, desto leichter ist es in jedem Falle zu entdecken, wie sich die Masse derselben in schwingende Theile und in ruhende Linien zerlegt. Zu dem Ende hält man die Platte während ihrer Schwingungen horizontal und streut auf ihre Oberfläche etwas trocknen und feinen Sand. Dann geräth der Sand bei dem ersten Tone, der erzeugt wird, in Bewegung, springt während einer Secunde mehremal auf und fällt wieder zurück; und indem er stets von den schwingenden Theilen abgestoßen wird, häuft er sich auf den unbewegten Theilen an und bezeichnet auf diese Weise den Raum, den sie auf der Scheibe einnehmen. Die Knotenlinien sind es, welche auf diese Weise alle Figuren (Klangfiguren), die auf den Scheiben entstehen, bilden. Galilei hat zuerst dieses Mittel, die Knotenlinien darzustellen, angegeben; aber Chladni entdeckte es 1787 von Neuem, und eröffnete durch die schönen Anwendungen, die er von demselben machte, der Akustik ein weites Feld zu neuen Entdeckungen. Die Zahl der Knotenlinien, welche eine und dieselbe Platte geben kann, scheint unendlich zu sein; es wird daher hinreichen nur verschiedene allgemeine Systeme anzugeben, auf welche man alle Knotenlinien kreisförmiger, rechteckiger, dreieckiger Platten u. s. w. zurückführen kann. Die kreisförmigen Platten können ein diametrales, ein concentrisches und ein zusammengesetztes System geben. Das diametrale System ist nur aus Durchmessern zusammengesetzt, welche den Umfang in eine gleiche Anzahl gleicher Theile zerlegen. In der am leichtesten herzustellenden Klangfigur zählt man 2 Durchmesser und 4 Theile des Umfanges (Fig. 162.), nachher 3 Durchmesser und 6 Theile des Umfanges u. s. f. Bei Metallscheiben von 3 oder 4 Centimetres Durchmesser kann man oft 36 oder 40 Theile zählen (Fig. 163.). Man begreift leicht, warum bei dieser Art der Theilung durch gerade Linien die Theile des Umfanges stets gleich und in gleicher Anzahl vorhanden sein müssen, denn 1. ist klar, daß alle diese Theile im Einklang

schwingen müssen, d. h. in gleicher Zeit eine gleiche Anzahl von Schwingungen machen müssen, und da sie gleichmäßig um den Mittelpunkt geordnet sind, so müssen sie in ihrer Ausdehnung gleich sein; 2. kann man durch Theorie und directe Versuche nachweisen, daß zwei Sectoren oder im Allgemeinen zwei zusammengrenzende Theile entgegengesetzte Bewegungen haben müssen, welches nur bei einer gleichen Anzahl von Theilen stattfinden kann.*) In dem concentrischem Systeme sind alle Knotenlinien Umkreise, deren Mittelpunkt im Mittelpunkt der Scheibe liegt. Der einfachste Fall ist der einer einzigen Knotenlinie (Fig. 164.); dann kann man deren 2, 3 u. s. f. (Fig. 165., 166.) erhalten. Um diese Figuren leichter zu erhalten, nimmt Savart wie Chladni Platten von großem Durchmesser, durchbohrt sie aber in der Mitte mit einem Loche von 4 oder 5 Millim. Durchmesser und läßt in diesem Loche ein Bündel Haare nach Art des Bogens (Fig. 167.) durchgehen. Die Scheibe darf nur in einigen Punkten der Knotenlinien, die man hervorbringen will, unterstützt sein. Bei dem zusammengesetzten Systeme sind die Knotenlinien mehr oder weniger gekrümmte Durchmesser und mehr oder weniger veränderte Umkreise. Fig. 168. und 169. zeigen einige der zahlreichen Gestalten, zu denen man kommen kann. Sie zu erlangen, erfordert mehr oder weniger Geschicklichkeit, man muß aber im Allgemeinen einige oder mehre Punkte, durch welche die Knotenlinien gehen sollen, mit den Fingern drücken.

In den quadratförmigen Platten kann man auch drei den vorhergehenden analoge Systeme unterscheiden. Fig. 170., 171. und 172. gehören in das diametrale System; Fig. 173., 174., 175. in das concentrische, und Fig. 176., 177., 178. bilden eine Art zusammengesetzten Systems. Die dreieckigen, rechtangulären, vieleckigen und elliptischen Platten geben ebenfalls analoge Gestalten. Diese Klangfiguren sind im Allgemeinen unabhängig von der Substanz der Platten; sie treten mit derselben Regelmäßigkeit auf Metall, Glas und Holz auf. Nur eine Bedingung findet, wie wir später sehen werden, statt, nämlich, daß die Elasticität in jedem Sinne dieselbe sei.

Membranen (ausgespannte Häute) zeigen durchaus ähnliche Schwingungen, wie die Platten. Man kann sich hiervon an Papier oder Pergament oder noch besser mit sehr geschmeidiger und sehr gleichmäßiger Goldschlägerhaut überzeugen. Man muß sich jedoch einer besondern Art des Aufspannens und des Erschütterns dieser Art sehr dünner Platten bedienen, damit sie sich durch sich selbst halten. Savart, welcher diese Erscheinungen besonders untersucht hat, befestigt die Membranen an ihren Rändern, indem er sie auf Rahmen von Holz oder über die Oeffnung einer Glasglocke leimt; hierauf feuchtet er sie mehr oder weniger an, um ihre Spannung stärker oder schwächer zu machen und endlich nähert er ihnen, um sie zu erschüttern, bis zu einer gewis-

*) Sobald Durchmesser stattfinden, muß die Anzahl der Theile gleich sein, denn 1 Diameter gibt 2 Theile, 2 Diam. geben 4 Th., 3 Diam. 6 Th., im Allgemeinen n Diameter 2n Theile.

sen Entfernung, eine vibrirende Glocke oder eine Orgelflöte von vollem und anhaltendem Tone. So wie sich der Ton hören läßt, erbebt die Membrane, wie wenn sie direct erschüttert worden wäre. Die Sandkörner, welche sie bedecken, springen auf ihrer Oberfläche und beschreiben, indem sie auf den ruhenden Punkten sich anhäufen, die Knotenlinien. Die Figuren, welche man erhält, sind außerordentlich verschieden, sie hängen von der Spannung der Membranen und der Höhe des sie treffenden Tones ab. Savart hat versucht die Reihe der Figuren, welche eine in angegebener Weise erschütterte Membrane geben könne, zu analysiren. Er drückt sich in dieser Beziehung aus wie folgt: „Zu größerer Einfachheit werde ich immer annehmen, daß man anfangs eine Figur erhalten habe, welche aus geradlinien, sich unter einander rechtwinklig schneidenden Knotenlinien zusammengesetzt ist. Ich nehme z. B. an, daß es gelungen wäre, die in Nr. 1. Fig. 179. dargestellte Art der Theilung hervorzubringen; wenn die Spannung der Membrane dieselbe bleibt und der Ton etwas höher wird, so kann es sich ereignen, daß die Scheitelwinkel aa′, bb′, cc′, dd′ wie in Nr. 2. auseinander gehen und diese wird allmählig den Anblick von Nr. 3., 4. und 5. darbieten, wenn der Ton fortwährend steigt und endlich in Nr. 6. übergehen, welche nur aus vier parallelen Linien zusammengesetzt ist. Aber dieses Mittel von der ersten Art der Theilung, zu der von Nr. 6. überzugehen, durch jene erste Art der Trennung der Winkel, ist nicht das einzige, dessen sich die Membrane bedienen kann. Fig. 180. und 181. bieten Beispiele verschiedener Umgestaltungen dar, durch welche die Membrane zu derselben letzten Gestalt der vier parallelen Linien kommen kann. Es kann sich auch ereignen (Fig. 182.), daß die Scheitelwinkel aa′, bb′, cc′, dd′, diejenigen sind, welche sich anfangs theilen und daß die durch den Sand gezeichnete Figur nach und nach den Anblick von Nr. 2., 3., 4., 5. und 6. darbietet; oder auch, daß diese Theilung, wie in Nr. 2. der Fig. 183. und 184. stattfindet, welches nochmals neue Modificationen in den auf einander folgenden Figuren, welche auf vier parallele Linien führen, hervorbringen wird. Endlich kann es sich noch ereignen, daß sich die entgegengesetzten Winkel nicht theilen, wie in Nr. 2. der Fig. 185., welche durch einfache Einbeugungen der geraden Linien im entgegengesetzten Sinne auf Nr. 6. übergeht. Jetzt können vier parallele Linien in eine andere Anzahl von Parallellinien oder rechtwinklig gerichteten Linien übergehen. Fig. 186. zeigt eine Umgestaltung dieser Art von Theilung zu zwei parallelen Knotenlinien und Fig. 187. einen Uebergang derselben Art von Theilung zu vier gleichermaßen parallelen Linien, welche aber rechtwinklig durch andere gerade Linien geschnitten werden. Im Allgemeinen, wenn man von einer Figur ausgeht, welche aus sich rechtwinklig schneidenden Linien zusammengesetzt ist, so hängt der Charakter der auf einander folgenden Modificationen von der Art ab, in welcher sich die Scheitelwinkel trennen, wie man dieß auf sehr deutliche Weise an den Fig. 188. und 189. sehen kann, welche Uebergänge von vier parallelen Linien darstellen. Geht man dagegen von parallelen Linien aus, so kann man im Allgemeinen sagen, daß der Charakter der Umgestaltungen von den verschiedenen Einbeugungen ab-

hängt, welche diese Linien erfahren können. Auf diese Weise müssen die unter Nr. 5. stehenden Ansichten der Fig. 188. und 189., wenn man sie als erste Modificationen der geraden Linien betrachtet, ganz verschiedene Erscheinungen hervorbringen, welche davon abhängen, daß sich in der einen Figur die Linien anfangs nach außen, in der andern nach innen krümmen. Aber von allen Modificationen, welche diese geraden Linien erzeugen können, gibt es keine, welche merkwürdigere Erscheinungen darbieten, als die, welche aus den wechselnden Einbeugungen folgen, welche diese Linien anfangs annehmen können, je nachdem sich zwei Krümmungen in dem einen Sinne und eine in dem andern, oder drei in dem einen Sinne und zwei in dem andern u. s. w. darbieten. Bemerkenswerthe Beispiele zeigen Fig. 190. und 191. Aus diesen Beobachtungen geht also hervor, nicht nur, daß die viereckigen Membranen fähig sind, jede nur mögliche Anzahl von Schwingungen hervorzubringen, und für jede dieser Zahlen auf eigenthümliche Weise sich theilen, sondern auch, daß ein und dieselbe Anzahl Schwingungen durch verschiedene Arten der Theilung gegeben sein kann. Was die Membranen von verschiedenartiger (kreisrunder, triangulärer u. s. w.) Gestalt betrifft, so bieten sie analoge, obwohl verwickeltere Erscheinungen. So können z. B. bei einer kreisrunden Membrane, drei diametrale Linien allmählig in drei Parallellinien, und nach und nach in eine einzige diametrale, verbunden mit einer kreisrunden, übergehen (Fig. 192 — 197.) oder auch fünf diametrale in fünf parallele (Fig. 198 — 200.) und von da in noch andere Theilungsarten, z. B. in zwei kreisrunde Linien, welche von einer einzigen diametralen durchschnitten sind.

„Die allmähligen Umbildungen der Knotenlinien sind an starren Platten weit schwerer zu beobachten als an den Membranen. Da man nämlich an ersteren eine gegebene Theilungsart nur hervorbringen kann, indem man mehre Punkte der Oberfläche dieser Körper unbeweglich macht, so begegnet es fast immer, daß gerade diese Punkte zu gleicher Zeit einen oder mehren Systemen der Knotenlinien angehören, so daß man oft aus einem sehr tiefen in einen sehr hohen Ton fällt, und umgekehrt, ohne daß man im Stande ist, durch die zwischenliegenden Töne den Uebergang zu nehmen."

„Durch die Erfahrung von dieser außerordentlichen Beweglichkeit der Membranen, und der Leichtigkeit ihres Uebergangs von einer Schwingungsart zur andern, sah sich nun Savart auf die Vermuthung geführt, es möchten wohl auch bei den Schwingungen der Platten, verschiedene Arten auf einander folgender Bewegungen, wie bei den Membranen und Saiten stattfinden, und diese Vermuthung wurde unter seinen geschickten Händen zu einer für die Theorie der Akustik höchst wichtigen Gewißheit. Hier den Auszug aus seinen Bemerkungen über diesen Gegenstand.

„Vorausgesetzt, man läßt eine kreisrunde Platte tönen, deren Mittelpunkt unbeweglich, und welche die Art der Theilung zeigt, die aus zwei diametralen, sich rechtwinklig schneidenden Knotenlinien besteht, so werden sich in diesem Falle die feinsten Theile des Sandes in der Mitte jedes der vier schwingenden Theile sammeln, und daselbst einen

kleinen durch verschiedene Bewegungen belebten Haufen bilden. Merkt man diese vier Punkte an, und sucht hierauf die aus zwei diametralen und einer kreisrunden Linie bestehende Figur hervorzubringen, so findet man, daß diese letztere Linie gerade durch die vier Punkte, welche man sich auf der Platte angemerkt hatte, hindurchgeht. Bewirkt man ferner die Art der Theilung, welche in drei diametralen Knotenlinien erscheint, was sechs schwingende Theile gibt, von denen jeder einen durch feinen Sand gebildeten Punkt bietet, so bemerkt man ebenfalls, daß, wenn man die Platte schwingen läßt, um die Figur zu erhalten, wo man gleichfalls drei diametrale jedoch durch eine Kreislinie geschnittene Linien hat, in diesem Falle diese letztere Linie immer die Punkte schneidet, wo sich die Theilchen des feinen Sandes bei Gelegenheit der vorhergehenden Theilung gesammelt hatten. Macht man denselben Versuch, wenn die Platte vier, sechs, acht, zehn diametrale Knotenlinien zeigt, so erkennt man ebenfalls, daß sie der Sitz einer Theilungsart ist, welche ich die secundäre nennen will, und die durch ebensoviel diametrale Linien, als die primäre, überdem aber durch eine kreisrunde Knotenlinie gebildet wird. Wurde die primäre Figur durch eine große Zahl diametraler Linien gebildet, indem die Schwingungsweiten nur unbeträchtlich waren, so prägt sich die kreisrunde Linie der secundären Figur fast ganz aus, so daß man nicht zweifeln kann, daß die kleinen Haufen feinen Sandes, welche sich der Beobachtung zeigen, sobald die Zahl der Diameter sehr klein ist, nichts als die Uranfänge einer kreisrunden Knotenlinie *sind*. Jeden möglichen Zweifel aber hebt die Beobachtung auf, daß diese kleinen Haufen sich in die Länge ziehen, je nachdem der Durchmesser der Platten sich verkleinert, bei gleicher Dicke und gleicher Theilungsart, so daß, nach Ueberschreitung einer gewissen Gränze, die kreisrunde Linie sich fast ganz ausprägt. Dadurch wird bewiesen, daß, wenn bei sehr großen Platten diese Linie sich auf Punkte beschränkt, welche sich in der Mitte jedes Schwingungsbauches der primären Figur befinden, vermöge der großen Schwingungsweiten die Mitte eines jeden dieser Schwingungsbäuche der einzige Ort ist, wo die Platte fast eben und horizontal bleibt, wo folglich der Sand sich ansammeln kann, während rechts und links von diesem Punkt die Oberfläche geneigt ist, also die Sandtheilchen nicht stille liegen können.

Erscheint nun also die Voraussetzung natürlich, daß die diametralen Knotenlinien der secundären Figur ebenda Platz finden, wo die der primären, so kann man den Beweis leicht führen, wenn man eine kreisrunde Platte in einen Schraubstock befestigt, versehen mit zwei hölzernen Haltern, dünn und lang genug, um die eine der diametralen Linien der Platte ihrer ganzen Länge nach einklammern zu können, eine Vorrichtung, welche nicht hindert, daß die gewöhnlichen Schwingungen erscheinen. Durch dieses Verfahren nimmt man wahr, daß die secundäre Figur sich eben so nett ausprägt, als wenn die Platte nur in ihrem Mittelpunkt befestigt gewesen wäre, woraus man schließen muß, daß nicht die Mitte jedes Schwingungsbauches der secundären Theilungsart jeder Knotenlinie der primären Figur entspricht, sondern daß die diametralen Knotenlinien beider Bewegungen sich genau übertragen. Hiernach

kann es nicht zweifelhaft seyn, daß es, wo man nur kreisrunde Linien hat, secundäre Linien gibt, welche die nämliche Stelle, wie die ursprünglichen Knotenlinien, einnehmen. Dieß wird noch überdieß unmittelbar durch die Beobachtung bewiesen, daß man diese letztern Linien mit den Fingern berühren, selbst in ihrer ganzen Ausdehnung mit den Klammern eines Schraubstocks einzwängen kann, ohne daß in der secundären Bewegung ein Stillstand eintritt. Dieses Nebeneinanderbestehen zweier Theilungsarten bemerkt man nicht allein, wenn die primäre Figur nur diametrale Knotenlinien zeigt, sondern auch wenn die Linien dieser Art von einer größern oder geringern Zahl Kreislinien geschnitten werden. In allen diesen verschiedenen Fällen bildet sich die secundäre Figur immer aus gleich viel diametralen Linien, wie die primäre Figur, und setzt man die Zahl der Kreislinien $= n$, so ist die der secundären Kreislinien $= 2n + 1$, zugegeben, nämlich, daß außer den erscheinenden secundären Linien es noch eben so viele gibt, als primäre, welche durch sie verhüllt sind, eben so wie dieß für die diametralen Knotenlinien gilt. Gibt man diese Voraussetzung auch für den Fall des alleinigen Stattfindens von Kreislinien zu, und betrachtet man den durch den Sand gebildeten Punkt in der Mitte der Scheibe als einen Kreis von unendlich kleinem Durchmesser, so kann man, nennt man für diesen Fall die Zahl der primären Linien n, die der secundären Linien durch $2n + 1$ bezeichnen. Aus dem Vorhergehenden ist also klar, daß es bei den kreisrunden Platten eine secundäre Theilungsart gibt, die sich viel bestimmter ausspricht, als alle übrigen. Welches aber sind die Bedingungen, welche die secundäre Theilungsart so abhängig von der primären machen, daß man, ist diese gegeben, immer die andere vorausbestimmen kann? Die Lösung dieser Frage scheint höchst einfach. In der That, vor allen Arten der Theilung, welche neben der ursprünglichen bestehen (und ohne Zweifel gibt es deren sehr viele) müssen die ihr analogesten sich immer stärker ausprägen, als die übrigen, und unter allen, welche diese Bedingung erfordern, wird die einfachste auch immer diejenige sein, deren schwingende Theile die größten Abweichungen machen. Hat man z. B. zwei diametrale sich rechtwinklig schneidende Linien, so ist von allen secundären, aus diesen beiden Linien zusammengesetzten Figuren diejenige die einfachste, die der Zurückführung auf diese beiden Linien am nächsten steht, d. i. die von einer einzigen Kreislinie umzogen ist; dieselbe Figur, welche immer mit der ebenerwähnten Theilungsart zugleich vorkommt. Hieraus geht hervor, was auch mit der Beobachtung zusammenstimmt, daß die secundäre Figur aus kleineren schwingenden Theilchen zusammengesetzt sein muß, als die primäre Figur, daß also auch die secundären Töne immer höher sein müssen, als die primären.

„Nun aber, warum kann die secundäre Theilungsart nur durch einen feinern Sand markirt werden, als der, welcher die primäre Figur bezeichnet, gleichsam als ob zwischen den Schwingungsweiten und der Feinheit des Sandes ein bestimmtes Verhältniß stattfände? Hierauf ist zu erwidern, daß, von welcher Beschaffenheit der Sand auch sein mag, er sich immer auf den ruhenden Linien der primären Figur sammeln

kann, und daß einzig die secundäre Figur nur durch einen sehr feinen Staub angezeigt werden kann. Nimmt man z. B. Rücksicht auf den Unterschied zwischen Sand, welcher aus einer Vereinigung kleiner von einander unabhängiger Kügelchen besteht und einem sehr feinen Pulver, wie dem von Lykopodium, oder auch dem Staube, der sich an die Meubles ansetzt, dessen sämmtliche Theile unter sich und mit der Oberfläche der Platte mit einer gewissen Adhaerenz zusammenhängen; so begreift man leicht, daß diese sonst so locker zusammenhängenden Substanzen, sobald sie sich in die Mitte eines schwingenden Theils der primären Theilungsart befinden, mit dem Theile der Platte, auf welchem sie ruhen, transportirt werden können, ohne sich zu trennen; vorzüglich wenn sie sich auf einer Knotenlinie der secundären Bewegung befinden, das ist, zwischen zwei Theilen der Scheibe, welche in verschiedenem Sinne schwingen. Um die oben erwähnten Versuche wiederholen zu können, braucht man Scheiben von Messing von mehren Decimetern im Durchmesser und 2 — 3 Millimeter Stärke; sie müssen nothwendig ganz eben, und überall von gleicher Stärke sein, und damit sie keine Ungleichheiten in der Dichte und Sprödigkeit zeigen, muß man sie vorher ausglühen lassen, ehe man sie schlägt, welches Letztere mit einem hölzernen etwas schweren Hammer geschieht. Je ebener sie sind, desto klangreicher.'' — Noch etwas Eigenthümliches bemerkt Savart über die Versetzung der Knotenlinien. Er bemerkte, daß sie unter gewissen Bedingungen schwanken, oder selbst in eine mehr oder minder heftige rotirende Bewegung gerathen können. Hier ein etwas ins Einzelne gehender Auszug aus seinem Aufsatze über diesen Gegenstand:

,,Zahl und Richtung der schwingenden Theile eines Körpers hängen ab von dem Ort der Erschütterung, selbst der Gestalt des Körpers, seiner Natur, seinen Dimensionen und von der Stellung der Theile seines Umfangs, die man zuvörderst unbeweglich gemacht hat. In gewissen Fällen kann man keine dieser Bedingungen verändern, ohne die Ordnung der schwingenden Theile zu stören, und in andern im Gegentheil kann dieselbe Ordnung stattfinden, selbst wenn ein oder mehre dieser Umstände geändert worden. Rückt man z. B. den angefeuchteten Finger auf dem Rande einer Harmonicaglocke fort, so theilt sie sich stets auf dieselbe Weise, und gibt immer denselben Ton, obwohl der Erschütterungspunkt beständig wechselt. Derselbe Fall ist es mit einer kreisrunden Platte, deren Mittelpunkt unbeweglich ist; man kann jeden beliebigen Punkt ihres Umfangs erschüttern, ohne daß die Art der Theilung eine Veränderung erfährt; einzig die Stellung der schwingenden Partieen wechselt, weil der Erschütterungspunkt immer der Mittelpunkt einer dieser Partieen sein muß, so daß, wenn man den Bogen während der Zeit Eines Auf- und Niederstreichens, mit einer gleichförmigen Bewegung um die ganze Scheibe herumführt, und ihn mit sich selbst parallel hält, die schwingenden Theile zu gleicher Zeit ihre Stellung verändern und ihm folgen, woraus die Grundlage zu einer fortwährenden rotirenden Bewegung entsteht. Was aber sehr merkwürdig ist: diese rotirende Bewegung des Systems der schwingenden Theile kann erfolgen, wenn auch der Ort der Erschütterung derselbe bleibt, und es

scheint dazu hinreichend zu sein, daß man die in schwingende Bewegung gesetzte Scheibe sich selbst überläßt. Gesetzt man hätte z. B. eine kreisrunde in ihrem Mittelpunkt befestigte Platte, welche eine von den Theilungsarten zeigt, die nur aus diametralen Knotenlinien bestehen, so zeigt der Versuch, daß diese Linien vollkommen unbeweglich bleiben, so lange der Bogen die Scheibe berührt; zieht man ihn nun plötzlich ab, was dem noch secundenlangen Fortbestehen der Bewegung durchaus kein Hinderniß ist, so oscilliren die ruhenden Linien um die Stellung herum, die sie vorher einnahmen, und kehren nicht eher dahin zurück, als bis die schwingende Bewegung auf dem Punkt ist, aufzuhören. Sobald die Zahl dieser Schwankungen in einer kurzen Zeit sehr groß ist, so wird der Sand ein unzureichendes Mittel, um die Verschiedenheit der Stellung der Knotenlinien gehörig auszumitteln, weil er jetzt mit zu großer Gewalt weggetrieben wird, um hinreichend genaue Angaben begründen zu können; doch kann man an seiner Statt einen feinen Staub nehmen, der im Stande ist, der Oberfläche der Platte leicht anzuhängen, und folglich die secundäre Theilungsart anzuzeigen. Die kleinen Haufen, die er in der Mitte jedes der ursprünglich schwingenden Theile bildet, auf der Spur der secundären Kreislinie, können längs dieser Linie ausgezogen werden, ohne sich, vermöge ihrer Adhärenz, zu trennen; so zeigen sie vollkommen die wechselbare Lage der Schwingungsbäuche, und folglich auch die der primären Knotenlinien an. Die Weite dieser Schwankungen ist um so beträchtlicher, je schneller der Bogen fortschreitet, und je lebhafter man ihn von der schwingenden Scheibe abzieht; so kann es vorkommen, daß die Schwankung groß genug wird, um die Knotenlinien, sobald sie die Mitte des sie in ihrer frühern Stellung trennenden Zwischenraums überschritten haben, an dieselbe Seite zu versetzen, bis sie den ganzen Umfang eines ganzen schwingenden Theils durchlaufen haben. Man begreift, daß sie in dieser neuen Stellung angekommen, nicht plötzlich still stehen können, sondern von Neuem schwanken müssen, und so ist es auch. Bringt man, während diese neuen Schwankungen stattfinden, einen zweiten Strich des Bogens an, und erschüttert die Scheibe immer an demselben Punkte ihres Umfangs, so wird man die Knotenlinie zu einer neuen Bewegung bestimmen, und, läßt man die Bogenstriche in bestimmten Zwischenräumen erfolgen, so wird man die kleinen Staubhäufchen allmählich sämmtliche Schwingungsbäuche hindurchgehen, daselbst einen Augenblick sich aufhalten, und sich hierauf auf den benachbarten schwingenden Theil übertragen sehen; vervielfältigt man aber lebhaft die Bogenstriche, so wird die Mitte jedes Schwingungsbauches nicht mehr durch augenblickliches Verweilen des Staubes angezeigt, und das System der schwingenden Theile wird der Sitz einer rotirenden Bewegung, welche durch einen fortwährenden Strom von Staub angezeigt wird, ähnlich einer kleinen die Form eines Ringes annehmenden Wolke (Fig. 201.). Die Richtung dieser Bewegung hängt von Umständen ab, die der Verfasser noch nicht hat ergründen können, bald pflanzen die Wellenbewegungen der schwingenden Theile sich von der Rechten zur Linken fort, bald umgekehrt. Er hat nur bemerkt, daß man, um die einmal hervorgerufene Bewegung zu

unterhalten, mit dem Bogen nicht rückwärts streichen dürfe, indem man genau denselben Punkt des Umkreises der Platte berührt, an welchem man aufwärts gestrichen hatte, und daß man ihn ein wenig rechts oder links führen müsse, indem man ihn nachher in die erste Stellung zurückführt, in der man ihn herabgehen ließ. — Die Stellung selbst betreffend, welche der Strom einnimmt, so hängt sie ab von der secundären Kreislinie, auf welcher der Staub sich zu vereinigen strebt, so daß, je größer die Zahl der Diameter, desto mehr der Strom sich dem Rande der Platte nähern wird. Es scheint nicht, daß die größere oder kleinere Zahl der schwingenden Theile Einfluß hat auf die Leichtigkeit, mit welcher die oscillirende oder rotirende Bewegung sich herausstellen kann; man bemerkt sie eben so, wenn der Umkreis der Platte sich in vierzig oder funfzig Theile theilt, als wenn in weit weniger. Auch erfolgt sie ebenso leicht bei Scheiben von geringem, als von bedeutendem Durchmesser. Sie kann auch stattfinden, wenn die Art der Theilung aus diametralen Linien besteht, welche durch eine oder mehre kreisrunde geschnitten werden; aber dann werden die Linien letzterer Art fest, und es kann vorkommen, daß die schwingenden Theile, welche sich im Bereich der Kreislinie befinden, eine rotirende Bewegung annehmen, während die, welche draußen sind, unbeweglich bleiben; ebenso auch das Gegentheil; endlich kann es gleichfalls geschehen, daß sich alle auf einmal drehen, aber immer nach der nämlichen Seite. In diesem letztern Falle bildet der Staub eben so viel Ströme, als kreisrunde Linien in der secundären Theilungsart erscheinen, und alle diese Ströme sind durch verschiedene Geschwindigkeiten belebt, wobei die dem Mittelpunkt der Scheibe nächsten sich schneller bewegen, als die übrigen."

„Da die wesentliche Bedingung zur Hervorbringung dieser Bewegung darin besteht, daß die schwingenden Theile ihre Stellung verändern können, ohne daß die Zahl der Schwingungen verändert werde, so begreift man, daß man sie bei den kreisrunden Platten nur wird hervorrufen können, wenn sie diametrale Knotenlinien, sey es diese allein, oder geschnitten von Kreislinien, entwickeln; und es ist klar, daß es rein unmöglich sein wird sie bei viereckigen, dreieckigen u. a. Platten zu erzeugen, deren schwingende Theile nicht wechseln können, ohne daß auch die Anzahl der Schwingungen sich verändert. Dagegen wird man sie bei Ringen und Glocken ohne Klöppel, so wie bei den eigentlichen Glocken hervorbringen können, weil diese verschiedenen Körper ein und derselben Theilungsart fähig sind, folglich auch ein und derselben Schwingungszahl, welchen Punkt man auch als Erschütterungsort wählen möge. Ebenso sind derselben auch die kreisrunden Membranen fähig, selbst wenn sie durch Mittheilung erschüttert werden, und der klingende Körper, von welchem die Schallwellen ausgehen, in derselben Lage bleibt. Um letztern Versuch zu machen, muß man bemerken, daß eine Membrane, welche durch Mittheilung schwingt, sobald man sie sehr in der Nähe erschüttert, nicht nur den Ton des mittheilenden Körpers verstärken, sondern auch einen von dem des Körpers unterschiedenen Ton hervorbringen kann, obwohl die Töne beider Körper immer im Einklange bleiben; im letztern Falle wird eine Membrane sehr leicht der Sitz einer

rotirenden Bewegung der schwingenden Theile. Der Staub, den man darauf streut, belebt durch eine tangentiale Bewegung, bildet alsbald Arten von Strömen, die mit vieler Geschwindigkeit, und bisweilen in ganz verschiedenen Richtungen circuliren, letzteres aber nur, wenn die Spannung der Membrane ungleich ist. Wenn der Wechsel der Stellung der schwingenden Theile sich auf einfache Oscillationen beschränkt, so erhält das Ohr von ihrer Gegenwart Kunde durch das Abwechseln in der Intensität des Tons. Dieses Abwechseln hat man schon lange bemerkt bei den Glocken mit und ohne Klöppel, und namentlich bei den letztern, ohne daß man die Ursache davon wußte. Man kann sich überzeugen, daß sie von den Oscillationen der schwingenden Theile herrühren, wenn man ein wenig Wasser in ein Glöckchen gießt, und dieses mit dem Bogen anstreicht; man bemerkt, daß die Wellchen, welche sich auf der Oberfläche der Flüssigkeit, gegenüber jedem Schwingungsbauche bilden, der Sitz von Schwankungen sind, welche mit den Abwechselungen in der Intensität des Tons zusammenfallen, und, daß die größte Stärke des Tons eintritt, so wie die schwingenden Theile die Grenze ihrer Ausweichung nach der einen Seite erreichen, dagegen die geringste, wenn sie die entgegengesetzte Grenze berühren. In Bezug auf das Organ des Ohrs ist der Erfolg derselbe, mögen die schwingenden Theile nun unbeweglich bleiben in Bezug auf den tönenden Körper, oder der Körper selbst Oscillationen um einen festen Punkt herum hervorbringen. Tritt die rotirende Bewegung ein, so verschwindet das Wechseln in der Intensität des Tons vollkommen, und der Ton bekommt nun einen besondern Character, ohne daß man schätzen kann, ob er stärker ist, als wenn die schwingenden Theile fest sind; ich habe nur zu bemerken geglaubt, daß er weniger rein war. Ohne Zweifel aber wird er höher, und zwar um so mehr, je schneller das System der schwingenden Theile sich dreht; ist die Zahl der Schwingungen beträchtlich, und der Körper von großen Dimensionen, so kann der Klang fast um einen Ton höher werden."

Schwingungen von Körpern, die nicht nach allen Seiten hin gleiche Elasticität besitzen. Chladni hatte von seinen ersten Versuchen an erkannt, daß bei den hölzernen Scheiben die in den verschiedenen Richtungen sich nicht gleich bleibende Elasticität die diametralen Knotenlinien verhindert, ihre Stellung zu verändern, und sich nach allen Seiten hin um den Mittelpunkt zu bewegen, wie bei den Scheiben von Glas oder Metall. Diese auffallende bisher noch unerklärte Beobachtung nahm Savart zum Anhaltepunkt für eine neue Arbeit, über die er zwei Abhandlungen bekannt machte. Wenn die ungleichartige Elasticität die einzige Ursache ist, welche die diametralen Knotenlinien verhindert, ihre Stellung um den Mittelpunkt herum zu verändern, so kann man umgekehrt den Schluß machen, daß, wenn man ein und dasselbe Knotenliniensystem auf einer Platte festbegränzte Stellungen einnehmen sieht, diese Platte nicht ein und dieselbe Elasticität nach allen Seiten hin parallel ihren Flächen besitzt. Da nun aber krystallisirte Substanzen z. B. der Bergkrystall, der Kalkspath u. a. nicht wie das Holz sichtbare Spuren der Aufeinanderfolge ihrer Lagen

oder Streifen zeigen, so begreift man, daß es möglich wird, zu erkennen, ob ihre Elasticität nach allen Seiten hin dieselbe ist; denn dazu reicht hin, sie in Blättchen zu schneiden, diese schwingen zu lassen, und zu beobachten, ob ein und dasselbe Knotenliniensystem vorzugsweise gewisse Stellungen um das Centrum herum einnimmt. Savart machte zu diesem Zwecke folgende Versuche. Er hatte bemerkt, daß, wenn man eine homogene elliptische Platte von Glas oder Metall (Fig. 202.) schwingen läßt, das System der beiden diametralen perpendiculären Linien sich unabweichlich gemäß den Richtungen der großen Axe AA′ und der kleinen Axe BB′ aufstellt, und daß, will man durchaus die Richtung dieses Systems verändern, indem man einen der äußersten Punkte dieser Axen erschüttert, dieß zwar geschieht, aber nicht ohne Störung des ganzen Systems, denn es verwandelt sich in eine Art von Hyperbel HH′ und YY′, deren erste Axe sich nach der Hauptaxe der Ellipse richtet; der Ton aber wird tiefer. Es bedarf eines größern Kraftaufwandes, um die Ellipse nach AA′ zu wenden, als nach BB′; mithin richtet sich die erste Axe der Hyperbel nach dem größten Widerstande in der Biegung. Eine Zinnplatte zeigt ähnliche Phänomene, wenn man nach einer Richtung ihre Elasticität durch mehre parallele Sägenschnitte vermindert, die nur einen Theil ihrer Dicke aufgehoben haben. Bey diesem Zustand kann das System der beiden diametralen perpendiculären Linien sich nicht mehr um den Mittelpunkt drehen; die eine der Linien bleibt fast in der Richtung parallel den Sägenschnitten, und die andre perpendiculär. Aber erschüttert man diese Punkte, so bildet sich das System um, und wird eine Hyperbel, deren Hauptaxe noch in der Richtung des größten Widerstandes in der Biegung sich erstreckt. Um hiernächst die Phänomene zu studiren, welche die Platten zeigen, deren Elasticität gradweise nach ihren perpendiculären oder in verschiedenen Richtungen wechselt, schnitt Savart eine große Menge kreisförmiger Platten, deren parallele Oberflächen er mehr oder weniger gegen die Ebene der Fasern oder gegen die Fasern selbst neigte. Gesetzt z. B. CC′ (Fig. 203.) stellt einen Würfel von Buchenholz vor, dessen Oberfläche parallel der Ebene der Fasern sei, während die Fläche T perpendiculär auf ihren Schnitt, und die Fläche B perpendiculär auf die Enden der Fasern ist. Hat man nun mehre ähnliche Würfel, die alle fehlerfrei, aus demselben Stück Buche geschnitten, und unter sich vollkommen homogen sind, so kann man daraus Platten von derselben Stärke und demselben Halbmesser schneiden, die man dann vergleichen kann, als wären sie alle von einem und demselben Würfel; die einen schneide man perpendiculär gegen die Fläche P, in den Richtungen PM, PM′, PD, und in den dazwischen liegenden Richtungen; die anderen perpendiculär gegen die Fläche T, ebenfalls in den Richtungen TM, TM″, TD u. s. w., andere endlich perpendiculär der Fläche B, und ebenso nach den Richtungen BM′, BM″, BD u. s. w. Indem Savart diese sämmtlichen Platten schwingen ließ, lediglich um das System der perpendiculären diametralen Knotenlinien, oder das der beiden hyperbolischen Linien zu erhalten, fand er merkwürdige Verbindungen zwischen den Stellungen dieser Systeme, und den Richtungen der ver-

schiedenen Axen der Elastictiät des Buchenholzes. Er erkannte, daß die Schwingungszahlen nur indirect mit den Theilungsarten verknüpft seien; denn zwei ähnliche Knotenfiguren können durch verschiedene Töne hervorgebracht werden, und ebenso kann umgekehrt ein und derselbe Ton bei zwei verschiedenen Knotenfiguren erfolgen. Endlich bei den aus heterogenen (wenn auch in der Masse gleichen) Bestandtheilen zusammengesetzten Platten, sind alle Theilungsarten doppelt, d. h. jede Theilungsart, besonders betrachtet, kann sich immer, obschon sie allemal mehr oder minder beträchtliche Veränderungen erleidet, in zwei bestimmten Stellungen offenbaren.

Indem Savart drei kleine prismatische Stäbe mit viereckigen Basen, welche in ähnliche Würfel, wie die früheren, und nach den Richtungen DC′, DF, DR, geschnitten waren, schwingen ließ, leitete er aus den Tönen, welche diese Stäbe gaben, das Verhältniß des Widerstandes ab, welchen das Buchenholz der Biegung an diesen drei rectangulären Richtungen entgegensetzt. Er fand, daß, wenn der der Biegung in der Richtung DC′ geleistete Widerstand = 1 gesetzt wird, dieser Widerstand in der Richtung DR = 2,25 und nach DF = 16 betrage.

Aehnliche Forschungen stellte Savart mit dem Bergkrystall an. Man weiß, daß diese Substanz in der Natur sehr häufig in der Gestalt eines 6seitigen Prismas, auslaufend in zwei Pyramiden vorkommt (Fig. 204.). Die Linie SS′, welche die beiden Spitzen der Pyramiden verbindet, ist die Axe des Krystalls. Da nun bei den Platten, perpendiculär auf diese Axe, das System der beiden diametralen perpendiculären Knotenlinien sich im Allgemeinen ohne merkliche Störung um den Mittelpunkt zu drehen vermag, so geht daraus hervor, daß die Elasticität nach allen Halbmessern hin ohngefähr die nämliche ist. Die Blättchen, welche der Axe parallel geschnitten sind, haben nicht alle dieselbe Elasticität. Diejenigen, welche durch die Axe und einen der Radien des Schnittes ABCDEF des Prismas (Fig. 205.) hindurchgehen, geben perpendiculäre Knotenlinien, oder das System der Hyperbeln, während die, welche durch die Axe und die Seite OP des vorhergehenden Schnittes gehen, nur zwey einigermaßen ähnliche, gleichwohl verschiedenen Tönen entsprechende Hyperbelsysteme zeigen. Die Axen dieser Hyperbeln scheinen unter sich einen Winkel von 51 oder 52° zu machen. Andere in verschiedenen Richtungen geschnittene Platten geben auch noch verschiedenere Resultate, und Savart sah sich durch sämmtliche Versuche über den Bergkrystall zu dem Schluß veranlaßt, daß derselbe drei Systeme von Elasticität, jedes durch drei Linien dargestellt besitze. Er versuchte selbst, durch scharfsinnige Betrachtungen ihre Richtungen abzuleiten, doch würde das Eingehn in die Details dieser Untersuchung hier zu weit führen.

Aus dem Vorhergehenden ist unwidersprechlich klar, daß feste Massen jeder Art in Schwingungen gerathen können, ebenso wie die Stäbe, die Platten, oder die Membranen, und daß sie während ihrer Bewegungen sich in verschiedene schwingende Parthien theilen, die von einander durch mehr oder minder unregelmäßige Knotenoberflächen getrennt sind. So kann man, wenn ein Block von Holz, Stein oder

Eisen unter dem Schlage des Hammers tönt, in Gedanken die Eindrücke verfolgen, welche sich nach allen Richtungen hin von dem ersten Atom, das den Schlag empfängt, bis zu dem entferntesten mittheilen, und dieses Ausströmen der Bewegung geschieht, wie in der Luftsäule, durch verdichtete oder verdünnte Wellen; nur sind die Wellen um so kürzer, je größer die Elasticität der Materie ist. Will man aber einigermaßen bedeutende Massen erschüttern, und aus ihnen reine und gehaltene Töne hervorbringen, so stößt man immer auf große Schwierigkeiten, und hierin liegt ohne Zweifel der Grund, weßhalb man bis jetzt noch so wenig Versuche über diesen Gegenstand hat. Massen von verschiedener Substanz und den verschiedensten Formen würden inzwischen Theilungsarten und Züge von Knotenlinien zeigen, die gewiß das sicherste Mittel zur Erforschung ihrer innern Structur und aller Verhältnisse ihrer Elasticität wären.

Die Körper können in den verschiedenen elastischen, und selbst in den verschiedenen tropfbaren Flüssigkeiten schwingen, wie in der Luft; allein man begreift, daß die Trägheit und der Widerstand des umgebenden Mittels einen Einfluß auf die Raschheit der Schwingungen, folglich auch auf ihre Zahl und den Ton des daraus entstehenden Schalles haben müssen. Dieser Einfluß ist um so größer, je bedeutender die flüssige Masse ist, die der feste Körper bei seinen Bewegungen verdrängen muß. Ebenso müssen die Schwingungen perpendiculär gegen die Oberfläche der Verbindung eines festen und flüssigen Körpers weit modificirter sein, als die Schwingungen, welche im Verhältniß zu dieser Oberfläche nur Tangenten sind. So erfuhr z. B. Savart, daß eine Glasscheibe, die er durch ein kleines an ihrem Mittelpunkt und perpendiculär gegen ihre Oberfläche befestigtes Rohr in Bewegung setzte, im Wasser einen viel tieferen Ton gab, als in der Luft; die früher beobachteten concentrischen Knotenlinien blieben nicht mehr dieselben; im Wasser entfernten sie sich vom Centrum. Diese Erscheinung, welche sehr merkbar ist, sobald man von der Luft zum Wasser übergeht, muß sich auch, wiewohl minder intensiv zeigen, sobald man denselben Körper nach und nach in den ihrer Natur oder nur ihrer Dichtigkeit nach verschiedenen elastischen Flüssigkeiten schwingen läßt.

Viel unbedeutender sind diese Verschiedenheiten bey den tangentialen Schwingungen; so gibt eine Platte oder ein Stab, der seiner Länge nach schwingt, merkbar denselben Ton, man mag ihn in Luft, in Wasser, oder selbst in Quecksilber eintauchen. Es leuchtet ein, daß diese letztere Art der Schwingung die einzige ist, welche sich zur Vergleichung der verschiedenen Flüssigkeiten in Bezug auf die Leichtigkeit, mit welcher sie die Töne fortpflanzen, anwenden läßt; denn da die Töne, welche durch die Normalschwingungen entstehen, in den verschiedenen Mitteln verschieden sind, so hat man kein genaues Vergleichungsmittel mehr.

Wenn zwei feste unter dem Wasser angestoßene Körper ein Geräusch hervorbringen, welches in die Ferne tönt, so wird der flüssige direct an allen den Punkten in Bewegung gesetzt, wo er die Oberflächen der schwingenden festen Körper berührt, ganz wie die Gase durch die Erzitterungen einer Glocke. Durch einen directen Stoß also können die

normalen Schwingungen der Scheiben, und die obenerwähnten Längenschwingungen der Stäbe das Wasser, Quecksilber und andere Flüssigkeiten in schwingende Bewegung setzen. So könnte man glauben, der Anstoß fester Körper sei für die Schwingungen flüssiger unerläßlich. Allein das Spiel der Sirene kann im Wasser und ohne Zweifel auch in andern Flüssigkeiten klangreiche Schwingungen hervorbringen, welche anderen Ursprungs sind. Man macht den Versuch auf folgende Weise: V V' (Fig. 206.) ist ein breites und tiefes Gefäß, in welchem man bei S eine Sirene befestigt; die Windröhre T ist verschlossen durch einen Hahn R und wird hier zu einer Wasserröhre, denn sie steht in Verbindung mit einem bleiernen Rohr P, das, mit Wasser gefüllt, von einem 12 — 15 Fuß höher stehenden Behälter herunter kömmt. Ist der Apparat in Ordnung, so bringt man in das Gefäß V V' Wasser bis an die bewegliche Platte der Sirene; man öffnet den Hahn R, und im Augenblick, wo das Wasser springt, dreht sich die Platte, und man hört einen sehr deutlichen Ton. Man könnte meinen, dieser Ton theile sich durch die das Niveau überragenden Theile des Instruments mit; allein auch diese Theile werden sehr bald selbst durch das nachstürzende Wasser bedeckt, und selbst, wenn der ganze Apparat mehre Zoll hoch unter Wasser steht, läßt sich der Ton noch hören, und erscheint sogar reiner und gehaltener. Die Flüssigkeit, welche anfangs in die Löcher des Deckels und der Scheibe gestoßen, dann aufgehalten, dann wieder eingestoßen und aufgehalten wird und so fort im schnellen Wechsel, erfährt genau dasselbe, wie die Gase unter denselben Umständen (s. oben).

Es giebt ohne Zweifel noch andere Mittel, um in den Flüssigkeiten klangreiche Schwingungen ohne den Anstoß fester Körper hervorzubringen; man weiß z. B., daß ein mitten in eine Flüssigkeit hineingeleiteter Strom electrischer Funken einen reinen gehaltenen Ton hervorbringt; so könnte man vielleicht vermittelst eines Apparates mitten im Wasser kleine, rasch auf einander folgende Blasen aus einer Mischung von Sauer- und Wasserstoffgas entzünden, und dadurch ein sehr intensives Geräusch hervorbringen, ohne andere feste Körper anzuwenden, als die beiden Enden des dünnen Drahts, der die Electricität leitet; auch könnte man an ihre Stelle kleine Quecksilbersäulen setzen, umschlossen von Röhren aus einer sehr wenig elastischen Masse. —

Wir sahen schon, wie man in der Luft Schwingungen durch Explosion eines detonirenden Pulvers, oder durch das Anstoßen eines elastischen Körpers, wie einer Glocke, einer Kesselpauke, oder durch rapide Schwingungen von Saiten, Stäben, oder Platten hervorbringen könne. Auch zeigten wir schon, wie die dünne Luftschicht, welche sich an dem Kern der Pfeife oder Orgelflöte bricht, eine Schwankung in der ganzen anstoßenden Luftsäule bedingt, der Wechsel des Druckes, welcher einen Punkt dieser elastischen Säule trifft, sich ihr in ihrem ganzen Umfange mittheilt, alle Spannkräfte der Bestandtheilchen gegen einander wirken, und die Säule in ihrer ganzen Ausdehnung, aus demselben Grunde, wie ein fester Cylinder, der an irgend einem Punkte erschüttert wird, in seiner ganzen Masse schwingt. Es ist ferner dieselbe Erscheinung, welche bei der Flöte und bei dem Brummkreisel (Mönch) auftritt, mit

dem einzigen Unterschied, daß im erstern Falle die Luft gegen den Rand der Oeffnung, im zweiten die Oeffnung selbst gegen die Luft vermöge der drehenden Bewegung des Instruments getrieben wird. Bei den Lockpfeifen, deren sich die Jäger bedienen, um das Geschrei der Vögel nachzuahmen (Fig. 207. und 208.) ist die Erscheinung etwas verwickelter. Die Schwingungen werden gleichfalls durch einen Luftstrom hervorgebracht, aber hier reißt der Strom in seiner Bewegung einen Theil der Flüssigkeit mit sich fort, welche in der Hohlung des Apparats enthalten ist, und da das so verdünnte Fluidum den Druck der atmosphärischen Luft nicht mehr auszuhalten vermag, so kehrt die äußere Luft, und zwar im Uebermaß, zurück; jetzt entsteht eine neue Verdünnung, durch das Fortreißen des Stroms ein neuer Wiedereintritt bestimmt durch den äußeren Druck, und so fort. So vervollständigt also die ganze in der Hohlung befindliche bald verdünnte, bald zusammengepreßte Luftmasse die Schwingungen, welche sich dann nach außen mittheilen.

Durch ein ähnliches Spiel erklärt Cagniard de la Tour die hohen und verschiedenen Töne, welche man durch das Pfeifen mit dem Munde hervorbringen kann. Die gespitzten und etwas zusammengepreßten Lippen bilden gewissermaßen das Mundstück der Lockpfeife (Fig. 207.) und es entstehen Schwingungen, weil die Luft wechselsweise durch den Strom verdünnt, und durch den äußeren Druck zusammengepreßt wird. In der That kann man ohngefähr dieselben Töne hervorbringen, mag man nun die Luft einziehen, oder durch einen entgegengesetzten Strom ausstoßen; und Cagniard de la Tour brachte es selbst so weit, alle Töne der natürlichen Pfeife sehr gut nachzuahmen, indem er ganz einfach in eine Glasröhre hineinbließ, deren eines Ende zum Theil durch eine kleine Korkscheibe geschlossen war, in deren Mitte er eine kreisrunde Oeffnung gelassen hatte (Fig. 209.). Der Ton ist ohngefähr derselbe, mag man nun beim Blasen das eine oder das andere Ende in den Mund nehmen. Nur bedarf es langer Versuche, ehe man das richtige Verhältniß der Dicke der Korkscheibe zur Weite der Oeffnung, welche man in ihren Mittelpunkt hineinbohrt, findet. Eine eigenthümliche Tonerzeugung findet bei der sogenannten chemischen Harmonika (s. Bd. III. S. 6.) statt.

Endlich kann man in einer bestimmten Masse Luft Töne durch Mittheilung hervorbringen, d. i. mittelst eines andern in einiger Entfernung hervorgerufenen Tons. Jedermann weiß, daß gewisse Töne der Stimme anschwellen, und viel an Dichtigkeit gewinnen, sobald man sie vor einem offenen hinreichend großen Gefäß entstehen läßt. Hier schwingt die Luft im Gefäß, und schwingt im Einklang mit der Stimme, der sie größere Kraft und Schärfe verleiht. Da ein und dieselbe Masse Luft mehre Arten der Schwingungen annimmt, so wird, um sie schwingen zu machen, hinreichend sein, in einiger Entfernung einen der Töne, die sie wiedergeben kann, hervorzubringen. Um indeß dieser Erscheinung mehr Regelmäßigkeit zu verleihen, machte Savart die Erfindung, zwei Röhren von 4 — 5 Zoll Durchmesser und einem Fuß Länge, deren eine über die andere paßte, wie die Röhre eines Fernrohrs, mit einander zu verbinden. Sie können entweder an beiden Enden ganz offen

sein, oder auch die eine offen, und die andere geschlossen. Durch dieses Mittel kann man nach Gefallen die schwingende Luftsäule verändern, also geschickt machen, jeden an ihrem offenen Ende hervorgebrachten Ton eines Glöckchens, einer Glocke mit Klöppel, oder lediglich einer schwingenden Platte zu verstärken. Die Töne, welche erfolgen, sind von einer Stärke und Rundung, welche beim erstmaligen Hören in Verwunderung setzt. Eine weite und kurze Röhre hat die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, mit mehr oder weniger Intensität sehr verschiedene Töne aus der Nähe zu verstärken, während eine lange und enge Röhre nur einen bestimmten Ton und die mit ihm harmonischen Töne verstärken kann, hingegen etwas tiefere oder etwas höhere Töne ihr keine merkliche Schwingung mittheilen. Diese Art der Erschütterung der Luft in Röhren bietet nicht die complicirte Erscheinung, die sich bei der gewöhnlichen Weise wegen des Einflusses des Mundloches zeigt, und kann mit Vortheil bei mehren wichtigen Versuchen über die Schwingungen der Gase angewendet werden.

Aus den Versuchen von Savart geht hervor, daß die Richtung des Windes keinen Einfluß auf die Töne hat, welche die prismatischen Röhren von verschiedener Form und selbst die sphärischen Höhlungen geben können. In einer prismatischen Röhre z. B. mit viereckiger Basis, wo das Mundloch dieselben Dimensionen hat, wird der hervorgebrachte Ton immer derselbe bleiben, mag man nun als Kern das Ende von einer der Seitenwände, oder einen der Ränder der Basis nehmen, und alle dazwischen liegenden Richtungen des Windes werden noch denselben Ton hervorbringen. Dagegen haben die Größe und Stellung des Mundloches einen großen Einfluß. Wir haben schon bemerkt, daß man durch Vermehrung der Breite des Mundlochs, d. i. der Entfernung der beiden Labien die Röhre fähiger macht, den Grundton hervorzubringen, dagegen durch Verminderung derselben fast sicher die Octave erhält, aber die Länge des Mundlochs übt einen andern Einfluß aus. Nimmt man z. B. eine prismatische viereckige Röhre, deren Mundloch die ganze Länge einer Seite der Basis einnehme, so wird man sehen, daß der Ton um so tiefer werden wird, je kürzer das Mundloch, so daß er sogar um eine Sexte oder Septime fallen kann, besonders wenn die Röhre beinahe kubisch ist. Ohne Zweifel um einen ähnlichen Effect zu erhalten, bringen die Orgelbauer zwischen den beiden Winkeln des Mundlochs der Pfeifen kleine Bleiplatten an, die sie zersägen oder herausnehmen, um den Accord zu erhalten. Diese Blättchen, sagen sie, sind die Ohren, weil sie da sind, um zu hören, ob die Pfeife bei Stimme ist. Bleibt die Oeffnung des Mundlochs ihrer Länge und Breite nach dieselbe, so ist klar, daß man sie an verschiedenen Orten an den Wänden der Röhren anbringen kann, sei es perpendiculär, sei es schief im Verhältniß zu ihrer Axe, und Savart hat ausgemittelt, daß sie in diesen verschiedenen Stellungen der Röhre verschiedene Töne verleiht. Man kann sich von der Wahrheit dieser Behauptung auch durch eine Flöte überzeugen, wenn man eins von den mittleren Löchern als Mundloch nimmt.

Wir sahen, daß die Länge der offenen oder geschlossenen Röhren

allein den Ton bestimmt, den sie geben sollen, vorausgesetzt, daß diese Länge im Verhältniß zu ihrer Breite sehr bedeutend ist. Aber findet diese Bedingung nicht statt, so ist das Gesetz der Schwingungen weit verwickelter. Hier die wichtigsten Ergebnisse aus den zahlreichen Versuchen von Savart über diesen Gegenstand:

1) Prismatische rechtwinklige Röhren, deren Mundloch von derselben Länge, wie eine der Seiten ihrer Basis, bringen denselben Ton hervor, wenn die Schnitte perpendiculär auf die Linie des Mundlochs dieselbe Oberfläche haben, und wenn zugleich die Breiten dieser Schnitte wenigstens ein Sechstheil ihrer Höhen betragen.

2) Findet diese letztere Bedingung allein statt, so erscheinen die Schwingungszahlen unter sich wie die Quadratwurzeln der Schnitte.

3) Die Schwingungszahlen ähnlicher Röhren mit ähnlichen Mundlöchern verhalten sich zu einander, wie die homologen Dimensionen dieser Röhren. — Dieses Gesetz erstreckt sich selbst auf die sphärischen Höhlungen, deren Mundlöcher auf den größten Kreisen angebracht sind, und daselbst dieselbe Zahl von Graden einnehmen.

Auch die Wände, welche eine Luftmasse einschließen, haben auf ihre Schwingungen Einfluß. Man weiß schon lange durch oft wiederholte Versuche, daß der Ton des Horns und der Trompete von der Masse des Instruments und von dem empfangenen Grade der Härte abhängt. Z. B. ein im Feuer ausgeglühtes Horn würde, obwohl es seine Form nicht verändert hätte, nur falsche und dumpfe Töne von sich geben. Die Orgelbauer kennen gleichfalls diesen Einfluß der Masse der Pfeifen auf die Beschaffenheit des Tons, und versichern, daß man um ein schlechtes Instrument zu verfertigen, nur die Natur des Zinns oder des Holzes (je nachdem das Spiel von Zinn oder Holz sein soll) ein wenig zu verändern brauche. Diese Beobachtungen bestätigte Savart vollkommen durch die zahlreichen Versuche, die er mit Röhren von mehr oder weniger gespanntem Pergament, oder von mehr oder weniger feuchtem Papier anstellte. Er stellte darüber fest: 1) daß in einer prismatischen viereckigen Röhre von 1 Fuß Höhe, und 9 Linien Breite, der Ton um mehr als eine Octave tiefer werden kann, wenn man das Papier, welches die Wände bildet, mehr und mehr anfeuchtet; (dieses Papier ist an die soliden Kanten des Prisma wie über eine Art von Rahmen geleimt); 2) daß der Ton hierdurch um so tiefer werden kann, je kürzer die Röhren sind; 3) daß es hinreicht, beim Papier oder Pergament nur einen Theil der Seitenwand einer Röhre zu befeuchten, um den Ton merklich tiefer zu machen. Wir begnügen uns, hier diese Resultate auszusprechen, denn man sieht leicht, wie die Versuche anzustellen sind.

Sobald die Schallwellen aus einem Mittel in ein anderes übergehen, erleiden sie immer eine theilweise Zurückwerfung, und, sobald sie einem festen Hinderniß begegnen, eine vollkommene. Mag nun die Zurückwerfung eine theilweise oder vollkommene sein, immer erfolgt sie in eine Richtung der Art, daß der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich ist. Die allgemeinsten Gesetze hierüber können nur durch die Principien der Mechanik deutlich werden, und wir können eine begreifliche Dar-

stellung hier nur versuchen. Wenn SS′ (Fig. 210.) die Oberfläche der Trennung zweier Mittel, wie der Luft und des Wassers darstellt, und eine Schallwellenbewegung z. B. an das Wasser kömmt, in der Richtung DJ, indem sie mit der Perpendicularlinie JP einen Winkel DJP macht, so wird ein Theil der Bewegung aus der sie besteht, sich der Wassermasse mittheilen, und der andere Theil der Luft in der Richtung JR, so daß der Einfallswinkel DJP gleich ist dem Zurückwerfungswinkel PJR. Diese Erscheinung würde auch nach demselben Gesetz erfolgen, wenn die Oberfläche SS′ die Verbindungsfläche zwischen zwei verschiedenen Gasen wäre, oder zwei Theile ein und desselben Gases verschiedene Dichtigkeiten hätten, oder wenn sie eine feste Ebene von Holz, Glas oder Metall wäre. Nur würde in diesem letzteren Falle der nach RJD reflectirte Ton viel stärker sein. So würde ein Beobachter, der sich einigermaßen in die Linie RJ stellte, den Ton hören, als wäre er in J, oder auf der Verlängerung von RJ entstanden.

Auf diesem allgemeinen Gesetz beruht die Erklärung des Echo und der Sprachgewölbe (s. d. Art.).

Sobald man einen sehr intensiven und gehaltenen Ton in einer Gallerie, oder auch nur in einem Zimmer hervorbringt, so bemerkt man, daß der nämliche Ton nicht dieselbe Stärke im ganzen Umfang des umgebenden Raums hat. An gewissen Punkten ist er stark und betäubend, an andern sehr schwach; diese letztern Punkte sind wie Schwingungsknoten, bei denen die Luft nur sehr kleine Ortsveränderungen erleidet. Savart verfolgte die Spur dieser Knotenlinien oder Flächen, und wir wollen nur den Proceß anzeigen, dessen er sich dabei bediente, denn es gibt über diesen Gegenstand noch kein einfaches und allgemeines Resultat. Der Ton wird mittelst einer Glocke und einer tonverstärkenden Röhre hervorgebracht, und man horcht an den verschiedenen Punkten des umgebenden Raumes darauf mit einer Art künstlichen Ohres, das aus einem hohlen Kegel, einem konischen Rohr und einer Membrane besteht. CC′ (Fig. 211.) stellt den Kegel vor, TT′ das Rohr, und mm′′ die Membrane; diese muß an dem gekrümmten Ende des Rohrs angebracht, und auf verschiedene Grade von Spannung eingerichtet sein. Man stellt die Axe des Kegels in die Richtung, nach welcher man hören will, und beurtheilt die Stärke des Tons nach den Schwingungen der Membrane, nämlich nach den Bewegungen des Sandes, den man bei dem Versuche darauf streut. Die Größe des umgebenden Raums, seine Gestalt, und alle zufälligen Formen seiner Wände sind eben so viel Ursachen für den Wechsel der Gestaltung und Stellung der Knotenflächen, bei ein und derselben Stellung der Glocke; Die eigentliche Ursache, welche die Bildung der Knoten bestimmt, ist aber ohne Zweifel die Begegnung der directen und gebrochenen Schallwellen; doch gibt es bis jetzt noch keine Beobachtungen über diesen Gegenstand, die zahlreich und genau genug wären, um eine genauer eingehende Erklärung aufzustellen.

Die tropfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten erhalten in der Regel ihre schwingende Bewegung nur durch den unmittelbaren Anstoß fester Körper, oder wenigstens durch die Vermittelung solcher Körper, wie bei

der Sirene und den Röhren. Aber sobald sie diese Bewegung empfangen haben, können sie ihrerseits dieselbe allen festen ihnen begegnenden Körpern mittheilen. So sieht man z. B. die Saite eines Instruments in schwingende Bewegung gerathen, sobald sie von dem Tone, den sie wiedergeben kann, oder von einem diesem harmonischen angeklungen wird; so werden Glastafeln erschüttert und schwingen stark unter dem Einfluß gewisser Töne der Stimme, wie beim Lärm einer Kanone. Diese Erscheinuug, welche sich auf eine sehr auffallende Weise an allen sehr beweglichen festen Körpern zeigt, tritt auch an trägeren und minder elastischen Körpern hervor, und es gibt vielleicht nicht eine Kathedrale, deren große Glocke nicht auf eine merkliche Art gewisse Pfeiler, oder gewisse beträchtliche massive Körper schwingen machte. Hier ist der Schluß von dem Beobachteten auf das nicht Beobachtete erlaubt, und weil jede beliebige feste Masse unter dem Schlage des Hammers in schwingende Bewegung gerathen und einen bestimmten Ton hervorbringen kann, so darf man schließen, daß sie in eine mehr oder weniger markirte Bewegung gerathen wird, sobald der Schall, der durch Wasser oder Luft hindurchgegangen ist, sie berührt. Man kann selbst den Schluß ziehen, daß sie im Allgemeinen für alle möglichen Töne in Schwingung gerathen kann; denn überhaupt gibt es keinen Ton, sei es ein Grundton oder ein mit ihm harmonischer, dessen sie nicht fähig wäre, wenn sie die entsprechende schwingende Bewegung erhielte, und folglich gibt es auch keinen Ton, der nicht, indem er sie berührte, eine gewisse Art von Schwingung in ihr hervorbrächte. Hegte man gegen diesen allgemeinen Schluß noch einigen Zweifel, so reicht die Bemerkung hin, daß der in einer Flüssigkeit hervorgebrachte Ton mit mehr oder weniger Leichtigkeit durch irgend eine feste Masse fortgepflanzt wird, und daß er gewiß nicht durch sie fortgepflanzt werden könnte, wenn sie nicht von ihm gezwungen wäre, in Einklang mit ihr zu schwingen. Doch würde es interessant sein zu erfahren, wie die Bewegung sich nach den verschiedenen Geneigtheiten der Oberfläche im Verhältniß zur Richtung der Welle verhalte. Ueber diesen Gegenstand hat man nur sehr wenig Versuche. Savart hat z. B. festgestellt, daß eine über einen Rahmen gespannte Membrane nicht auf dieselbe Weise schwingt, wenn man eine klingende Platte perpendiculär oder parallel auf sie einwirken läßt. Im erstern Falle sind ihre Schwingungen tangentiale, im zweiten normale, wie die der Platte.

Es ist wahrscheinlich, daß die tropfbaren Flüssigkeiten wirksamer, als die Gase sein mögen, um auf diese Weise in den festen Körpern Schwingungen hervorzubringen, und ohne Zweifel könnte man, wenn man Körper von verschiedenen Gestalten unter Wasser brächte, mit Hilfe des Sandes Schwingungen erkennen, welche dasselbe Mittel in der Luft nicht merkbar machen würde.

Weil die Schwingungen von flüssigen auf feste Körper sich fortpflanzen, so müssen sie mit noch viel größerem Rechte auf den ganzen Umfang eines festen Systems fortgepflanzt werden können, dessen verschiedene Theile neben einander gestellt in einer ununterbrochenen Reihe an einander stoßen. Ein solches System bildet dann nur ein Ganzes,

welches, sobald ein Punkt desselben in Bewegung gesetzt ist, sich, wie ein einziger Körper, in schwingende Theile theilt, die durch Knotenlinien getrennt sind; jedes der Stücke verliert gewissermaßen seine Individualität; seine Verbindung mit den benachbarten Stücken verhindert es zu schwingen, wie wenn es allein wäre, ohngefähr eben so, wie ein Theil einer Platte Arten verschiedener Schwingungen annimmt, wenn er abgetrennt und für sich erschüttert wird, oder mit der ganzen Platte vereinigt bleibt. Savart hat hierüber eine große Menge Versuche angestellt, die Apparate auf tausend Arten verändert, um das allgemeine Ergebniß der Mittheilung der Bewegung in allen Theilen eines bald aus Streifen, bald aus Platten, bald aus Glocken bestehenden Systems zu zeigen; allein, was das Wichtigste ist, er hat die verschiedenen Seiten der Schwingungen ins Klare gebracht, und ist so auf das allgemeine Resultat geführt worden, daß alle schwingenden Bestandtheilchen Bewegungen parallel der ursprünglichen Erschütterung haben. Folglich schwingen, wenn die Bewegung durch einen Bogen hervorgebracht wurde, alle Bestandtheilchen parallel der Linie, welche die Haare bestreichen, aus denen er besteht, und wenn sie durch ein kleines Glasrohr entstand, welches an einem seiner Ende in irgend einem Punkt des Systems fest gemacht, seiner Länge nach durch Reiben mit dem Finger oder einem angefeuchteten Tuche erschüttert wurde, so schwingen alle Theilchen nach Linien parallel der Axe dieses Rohrs.

Eine Zunge ist im Allgemeinen eine schwingende Platte, die durch einen Luftstrom in Bewegung gesetzt wird. Gesetzt z. B., man mache in einer Zink- oder Kupferplatte PP′ (Fig. 212.) von 2 — 3 Millimeter Dicke eine rechtwinklige Oeffnung ABCD, 3 Centimeter lang, und nur 7 — 8 Millimeter breit, und schweiße nahe an eine ihrer kleinen Seiten eine Kupferplatte LL′, sehr dünn und sehr elastisch, welche in dieser Oeffnung schwingen könne, indem sie die Seiten AB, BC und CD streift, so wird man eine der einfachsten Zungen haben, und um sie in Bewegung zu setzen, braucht man nur die Platte PP′ ihrer Länge nach an die Lippen zu setzen und zu blasen, wobei man den Wind gegen das freie Ende der Platte LL′ richtet. Die Luft setzt sie in schwingende Bewegung, und da die Oeffnung ABCD wechselsweise offen und geschlossen ist, so geht die Luft hindurch und steht in bestimmten Zwischenräumen still; daher die klingenden Wellenbewegungen, deren Länge von der Zahl der Schwingungen abhängt, welche die schwingende Platte LL′ nach Verhältniß ihrer Dimensionen und ihrer Elasticität ausüben kann. Der Ton ist der nämliche, als ob die Platte durch mechanische Trennung schwänge, aber ohne Vergleich stärker. Bringt man an ein und derselben Platte mehre Streifen an, welche die Töne der Scala geben, so kann man eine Art Instrument daraus machen, auf dem sich Lieder spielen lassen.

Die Zunge, deren man sich bei den Orgelspielen bedient, beruht auf demselben Princip, ist aber anders eingerichtet. Man unterscheidet hier zwei Röhren, die mit ihren Enden an einander treffen, T und T′, Fig. 213., ein Mundloch B, welches sie trennt, und die eigentliche Zunge A, welche quer durch das Mundloch hindurch geht; man erblickt

diese drei Stücke einzeln an Fig. 214. Die Zunge selbst ist genau abgebildet Fig. 215., sie besteht aus drei wesentlichen Stücken, der Rinne R, dem Zünglein L, und dem Stimmdraht Z. Die Rinne ist eine prismatische oder halbcylindrische metallene Röhre, am untern Ende geschlossen, am oberen offen, und an der Seite mit einem Fenster durchbrochen, welches die Verbindung zwischen den beiden Röhren herstellt. Das Zünglein ist die schwingende Platte; in ihrer natürlichen Stellung schließt sie das Fenster entweder ganz, oder beinahe, d. h. sie streift mit ihren drei freien Seiten die Wände desselben, während sie schwingt. Ihre vierte Seite ist entweder mit Schrauben, oder durch Anschweißung an die Seitenwand der Röhre festgemacht. Der Stimmdraht ist ein metallener sehr fester Draht, an seinem untern Theil, der sich fest an die ganze Breite des Zünglein anlegt, doppelt gekrümmt. (Siehe Fig. 215.) Er gleitet mit Friction in das Mundloch, und dient, wie man sieht, dazu, die schwingende Länge des Züngleins zu verändern; denn oberhalb des Stimmdrahts kann nichts schwingen. Der Wind des Blasebalgs geht durch den Fuß der Röhre T ein, drückt auf das Zünglein, um sich einen Durchweg zu öffnen, geht durch die Rinne und entweicht durch die Röhre T'. Die so für einen Augenblick aus ihrer Lage gebrachte Zunge stellt sich durch ihre Elasticität bald wieder in ihre vorige Lage, und läßt unter diesen beiden entgegengesetzten Kräften Schwingungen erfolgen, die so lange sich wiederholen, als der Luftstrom dauert. Die Fig. 213. stellt eine Zungenpfeife vor, welche der Zunge gegenüber von Glas ist, um das Spiel derselben beobachten zu können. Die Zahl der Schwingungen hängt hauptsächlich von den Dimensionen und der Starrheit der Zunge ab, und ist in der Regel wenig von der verschieden, welche stattfinden würde, wenn diese Zunge im Freien durch einen mechanischen Anstoß schwänge. Aber die Einrichtung der Pfeifen gibt dem Ton einen merkwürdigen Klang und eine besondere Intensität; diese beiden Eigenschaften sind hier sehr innig verknüpft; doch hängt die Intensität hauptsächlich von der Schnelligkeit des Stromes, und der Klang von der Gestalt der Pfeifen ab. In der That ist begreiflich, daß ein heftigerer Strom bei der Zunge Schwingungen bewirkt, die von größerer Weite sind, während ihre Dauer dieselbe bleibt; so wächst die Stärke des Tons mit der Schnelligkeit des Stroms, wenn nicht diese Geschwindigkeit so groß wird, daß sie die Zunge biegt, und dort einen Schwingungsknoten bildet. Es leuchtet ferner ein, daß die Zunge, die Pfeifen und die in ihnen enthaltenen Luftmassen zusammen ein Schwingungssystem bilden, dessen sämmtliche Theile dem Tone einen besonderen Klang verleihen. Eine Grundbedingung für das gute Ansprechen der Zunge und Hervorbringung eines vollen und angenehmen Tones ist die, daß die in den Pfeifen befindlichen Luftmassen vermöge ihrer Gestalt und ihres Umfangs sich leicht mit der Zunge in Einklang stellen. Diese Bedingung kann aber für jede von ihnen durch unendliche Abänderungen erfüllt werden, und man hat zahlreiche Versuche angestellt, um durch dieses Mittel articulirte, der Menschenstimme ähnliche Töne hervorzubringen; man hat der untern Pfeife winkelige, einwärtsgehende oder vielfach zusammengedrehte Formen

verliehen, hat die obere konisch, mit erweiterter Oeffnung, oder in der Mitte bauchig gemacht, hat Membranen darauf gespannt, und Blättchen oder Platten aus verschiedenen Substanzen angebracht, und jede dieser Modificationen verlieh dem Tone einen besondern Klang, Man kann hinzufügen, daß mehre Verbindungen dieser Art, die Grenié erfand, nicht ohne Erfolg für die Nachahmung der articulirten Vocale der Menschenstimme durch Zungenpfeifen geblieben sind. (Vergl. d. Art. Automat.)

Grenié scheint der erste, welcher den Zungen ihre jetzige Vollkommenheit verliehen hat; sonst schlug die Zunge an die Ränder des Fensters an; sie war zu breit, um wechselsweise hinein und heraus zu gehen, und der Ton, den sie gab, hatte immer etwas von dem schnatternden Tone einer Ente.

Die Mundstücke des Fagotts, der Hoboe und Clarinette sind nichts anders als verschiedenartig angebrachte Zungen. Bei diesen Instrumenten vertritt der Druck der Lippen die Stelle des Stimmdrahts.

Saiteninstrumente. Alle Saiteninstrumente haben einen Resonanzkasten, und Jedermann weiß, daß die Beschaffenheit des Tons von der Construction dieses Kastens abhängt. Die Saite, der Kasten und die in ihm enthaltene Luft bilden auch ein schwingendes System, wovon jeder Theil dem Tone einen besondern Klang verleiht. Die Saite indessen gibt den eigentlichen Ton, d. h. alle übrigen Stücke müssen sich mit ihr in Einklang setzen, und zu diesem Zwecke sich übereinstimmend durch Knotenlinien theilen. Es ist in der That klar, daß die Verbindung der Saite mit dem ganzen Systeme den Ton, welchen sie gemäß ihrer Länge und Spannung geben soll, nicht verändern kann; denn die Punkte, an welchen sie die Stege berührt, sind ganz gewiß Knoten, und sind diese Knoten einmal bestimmt, so ist der Ton nur eine nothwendige Folge davon. Doch muß der Kasten von einer solchen Substanz und Form sein, daß er auf der Stelle sich mit allen Saiten und allen ihren Tönen in Einklang setzen kann, und muß überdieß auch seine Schwingungen der in ihm enthaltenen Luftmasse mittheilen können, folglich auch diese Luftmasse fähig sein, sie aufzunehmen. Die so vervielfältigten Bedingungen führen zu der Einsicht, wie schwer es ist, ein gutes Saiteninstrument, z. B. eine gute Geige, zu verfertigen. Denn gesetzt, die Masse des Kastens schwingt vollkommen gut, so könnte doch, vermöge seiner Gestalt, die von ihm eingeschlossene Luftmasse die Schwingungen unvollkommen aufnehmen, und das Instrument wäre schlecht. Ein wenig mehr Elasticität oder Starrheit in dem Holz des obern Blattes wird ohne Zweifel eine andere Gestalt des Kastens bedingen, und deßhalb haben bisweilen zwei gleich vortreffliche Geigen merklich verschiedene Gestalten, und zwei Geigen von gleicher Form können die eine sehr gut, die andere sehr mittelmäßig sein. Bisweilen genügt eine geringe Veränderung in den beweglichen Stücken, um eine Geige etwas besser oder etwas schlechter zu machen. Denn die Schwingungen gehen durch den Steg von der Seite auf das obere Blatt, und vermöge der Stimme auf das untere Blatt über. Nothwendig muß aber die absolute und relative Stellung dieser Stücke einigen Einfluß auf die Leichtigkeit haben, mit welcher der Ton von der Saite in den Kasten,

und vom Kasten in die Luftmasse übergeht. Savart hat verschiedene interessante Versuche gemacht, um durch die Bewegung des Sandes das Uebergehen der Schwingungen in die verschiedenen Stücke der Geige augenfällig zu zeigen, und kam so darauf, die hauptsächlichsten Functionen zu bestimmen, welche jedes derselben über sich hat. Da indessen auch das einfachste Stück so vielen Bedingungen genügen muß, so ist es fast unmöglich, darüber eine genaue Untersuchung anzustellen, und höchst wahrscheinlich würde man, wollte man irgend eines dieser Stücke verändern, um es zu dem oder jenem Zwecke passender einzurichten, es für irgend einen andern wieder unpassender machen, und auf der andern Seite wieder verlieren, was man auf der einen gewonnen. (Vergl. Resonanz).

Geschwindigkeit des Schalles in den verschiedenen Mitteln. 1. In den elastischen Flüssigkeiten. Newton gab einen Ausdruck für die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft. Dieser Ausdruck führte für ein zu kleines Resultat; er gab eine Geschwindigkeit, die nur ohngefähr $\frac{5}{6}$ der durch die Erfahrung gegebenen betrug. Newton versuchte selbst, diese Differenz zu erklären, doch war es de la Place aufbehalten, die wahre Ursache davon zu finden. Die Bewegung, welche den Schall ausmacht, kann sich nicht in jedem Mittel fortpflanzen, ohne die Bestandtheilchen, denen sie sich mittheilt, zusammenzudrücken, und da im Allgemeinen jede Zusammendrückung von einem Freiwerden von Wärme begleitet ist, so nimmt de la Place an, daß diese freigewordene Wärme das Gesetz der Elasticität modificirt, und die Fortpflanzung des Schalles beschleunigt. Wenn nun aber die verdichtete Welle Wärme hervorbringt, so muß nothwendig die verdünnte Kälte erzeugen, und man könnte glauben, daß diese beiden entgegengesetzten Wirkungen sich vollkommen aufhöben. Was die Temperatur anbelangt, so heben sie sich in der That auf, denn der Schall, welcher durch die Luft hindurchgeht, afficirt auch das empfindlichste Thermometer nicht; allein diese vollkommene Aufhebung in der Temperatur hindert nicht, daß zwischen zwei benachbarten Bestandtheilchen in rascher Aufeinanderfolge ein Freiwerden von Wärme und Kälte stattfindet, läßt folglich eine Differenz zwischen dem Gesetz ihrer Elasticität und dem Mariotteschen Gesetze zu. Nachdem de la Place diese Ursache als richtige bezeichnet, brachte er sie in Rechnung, und wurde für die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalls in Gasen und Dämpfen auf folgende Formel geführt:

$V = \sqrt{\frac{gH}{D}} \cdot K.$ Hierin bezeichnet V die Geschwindigkeit der Fortpflanzung in Metres ausgedrückt, g die Intensität der Schwere in Metres oder $9^{m},8088$. (Vergl. d. Art. Pendel S. 97.), H die Höhe der Quecksilbersäule nach Metres berechnet, und auf den Nullpunkt des Therm. reducirt, welche den Druck des Gases ausdrückt; D die Dichtigkeit des Gases, wobei die auf Null reducirte des Quecksilbers als Einheit angenommen; K das Verhältniß der zwei specifischen Wärmen des Gases. d. i. der Quotient seiner Capacität bei constantem Druck durch seine Capacität bei constantem Volumen.

Um diese Formel auf Luft unter jedem beliebigen Druck und jeder beliebigen Temperatur t anzuwenden, darf man nur bemerken, daß bei der Temperatur Null, und bei einem Drucke von $0^m,76$ die Dichtigkeit der Luft im Verhältniß zum Quecksilber = 10466,82 beträgt. So hat man also bei der Temperatur t, und unter dem Drucke H

$$D = \frac{H}{0,76 \cdot 10466,82 \; (1 + at)} \text{ folglich:}$$

$$V = \sqrt{9,8088 \cdot 0,76 \cdot 10466,82 \; (1 + at) \cdot K}$$

und da K, wie andere Untersuchungen zeigen, für die Luft = 1,3748, so ergibt sich für die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft, und bei der Temperatur t

$$V = 327 \cdot 52 \sqrt{1 + at} \text{ wobei}$$

a den Coefficient der Ausdehnung des Gases = 0,00375 bedeutet. Man sieht, daß diese Geschwindigkeit ganz unabhängig vom Druck, und lediglich von der Temperatur abhängig ist.

Nach dieser Formel hat man die Geschwindigkeit des Schalles in trocken angenommener Luft von — 50 bis + 50° berechnet. Die für den Dampf nothwendigen Correctionen würden nur bei erhöheten Temperaturen merklich sein.

Tafel über die Geschwindigkeiten des Schalles in der Luft, von — 50° bis + 50°.

Temperatur.	Geschwindigkeiten in Metres.	Temperatur.	Geschwindigkeiten in Metres.	Temperatur.	Geschwindigkeiten in Metres.	Temperatur.	Geschwindigkeiten in Metres.
— 50	295,23	— 24	312,44	0	327,52	+ 26	343,12
49	295,91	23	313,08	+ 1	328,14	27	343,70
48	296,58	22	313,72	2	328,74	28	344,29
47	297,26	21	314,36	3	329,35	29	344,87
46	297,94	20	315,00	4	329,97	30	345,45
45	298,61	19	315,64	5	330,58	31	346,03
44	299,29	18	316,28	6	331,19	32	346,62
43	299,95	17	316,92	7	331,80	33	347,19
42	300,63	16	317,54	8	332,40	34	347,78
41	301,30	15	318,17	9	333,01	35	348,35
40	301,96	14	318,81	10	333,61	36	348,93
39	302,63	13	319,44	11	334,21	37	349,50
38	303,29	12	320,07	12	334,81	38	350,08
37	303,95	11	320,70	13	335,41	39	350,65
36	304,64	10	321,32	14	336,01	40	351,23
35	305,27	9	321,94	15	336,61	41	351,80
34	305,94	8	322,57	16	337,21	42	352,30
33	306,59	7	323,20	17	337,80	43	352,92
32	307,24	6	323,81	18	338,40	44	353,51
31	307,90	5	324,44	19	338,99	45	354,08
30	308,55	4	325,09	20	339,58	46	354,64
29	309,20	3	325,68	21	340,18	47	355,21
28	309,85	2	326,29	22	340,77	48	355,78
27	310,50	1	326,91	23	341,35	49	356,35
26	311,15	0	327,52	24	341,94	50	356,91
25	311,79			25	342,52		

Man sieht, daß für die Temperatur + 16° die Geschwindigkeit nach der Theorie $337^m,21$ beträgt, während die Erfahrung $340^m,88$ gegeben hat. Die Differenz $3^m,67$ ist nur ohngefähr ein Hunderttheil der gesuchten Menge, und ohne Zweifel gering genug, um sie Beobachtungsfehlern, oder vielleicht zum Theil dem Einfluß des Wasserdampfes zuschreiben zu können, der im Augenblick des Versuches in der Luft verbreitet war. So ist dieses Resultat eine auffallende Bestätigung der Theorie von de la Place. Die vorhergehende Formel wird ohne Zweifel mit derselben Genauigkeit die Geschwindigkeit des Schalles in allen elastischen Flüssigkeiten angeben, sobald man für jede von ihnen das Verhältniß K der beiden specifischen Wärmen kennt. Oder auch umgekehrt, ist die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in irgend einem Gas bekannt, so wird man daraus die Geltung von K ableiten können. Der Proceß, um die Geschwindigkeit des Schalls in einem Gas zu untersuchen, ist höchst einfach; er besteht in nichts Anderem, als eine Röhre von bekannter Länge, angefüllt mit diesem Gase, schwingen zu lassen, und den sich ergebenden Ton zu bemerken. Diese Versuche würden kein geringeres Interesse für die Theorie der Wärme, als für die Akustik haben, und man sieht, bis zu welchem Grade der Vollkommenheit de la Place diese Theorien ausgebildet hat, da es gegenwärtig hinreicht, daß der Experimentator auf den Ton höre, welcher durch eine schwingende Röhre von bekannter Größe hervorgebracht wird, um daraus die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in dem Gas, welches die Röhre erfüllt, und selbst das Verhältniß der beiden specifischen Wärmen dieses Gases abzuleiten.

Vorausgesetzt, daß für Sauerstoff nnd Stickstoff die Geltung von K dieselbe sei, wie für die atmosphärische Luft, d. i. 1,3748, so wird man als die Geschwindigkeit des Schalls im Stickgas $341^m,33$ (bei 16°), und im Sauerstoffgas $321^m,13$ finden; so würde der Schall 11'',718 brauchen, um 4000 Metres im Stickgas zu durchlaufen, und 12'',456 im Sauerstoffgas. Die Differenz 0'',738 wäre sehr beträchtlich, und würde für eine Distanz von 8000 Metres 1'',5 betragen. Pouillet meint, man könne daraus ein directes Mittel finden, um zu erkennen, ob in der atmosphärischen Luft die Bestandtheilchen des Sauerstoffs einen Druck auf die des Stickstoffs ausüben, und umgekehrt. In der That, könnte in der die Atmosphäre zusammensetzenden Mischung die Bestandtheilchen des einen dieser Gase nicht auf die des andern einen Druck ausüben, so würde man immer zwei Töne haben, die sich gesondert fortpflanzten, der eine schnellere durch das Stickgas, der andere langsamere durch das Sauerstoffgas, und bei 8000 Metres Entfernung würde man den ersten 1'',5 vor dem zweiten hören. Allerdings würden diese beiden nicht die nämliche Stärke haben, weil in der Luft der Stickstoff dichter ist, als der Sauerstoff. Im Jahre 1823 machte Pouillet mit dem Artilleriekapitän Arnoult mehre Versuche, um diese Frage zu lösen. Die Versuche fanden in einiger Entfernung von Paris statt, anfangs in der Ebene von Villejuif, dann in der Ebene von Maisons. Die Beobachter stellten sich allmählig in 4, 5, 6, 7 bis 8000 Metres Entfernung von der Kanone; es ward ihnen leicht

Punkte zu finden, von wo aus man das Licht bei der Explosion bemerken, und einen vollkommen runden nur einen Augenblick dauernden Schall, ohne Echo oder Rollen, wahrnehmen konnte; allein bei keinem dieser Versuche war es möglich, zweierlei Töne, einen stärkeren und einen schwächeren, und in einer Entfernung von einander zu hören, wie sie es doch hätten sein müssen, wenn der erste durch Stickgas, der zweite durch Sauerstoffgas sich fortgepflanzt hätte. Man muß also daraus schließen, entweder daß die Bestandtheilchen der verschiedenen Gase auf einander einen Druck ausüben, oder daß der Schall der Kanone, welcher sich durch den Sauerstoff der Luft fortpflanzte, zu schwach sei, um in einer Entfernung hörbar zu sein, wo er durch einen merklichen Zwischenraum von dem intensivern im Stickstoff sich fortpflanzenden Schall der Kanone getrennt sein könnte. Gibt man den ersten Schluß zu, so muß man die Raisonnemens aufgeben, welche man gewöhnlich anstellt, um mehre Erscheinungen der Gasmischungen und vorzüglich die Schnelligkeit zu erklären, mit welcher die Gerüche und Dämpfe sich in Luftmassen von großem Umfange verbreiten.

II. Geschwindigkeit des Schalls in den Flüssigkeiten. De la Place gab noch folgende Formel, um auch die Geschwindigkeit des Schalles in den Flüssigkeiten zu berechnen $V = \sqrt{\frac{g}{\lambda}}$

Hierin bezeichnet V die Geschwindigkeit des Schalls in der Flüssigkeit, in Metres ausgedrückt, g die Intensität der Schwere, ausgedrückt in Metres $= 9^m,8088$; λ die Verkürzung, welche eine horizontale Säule der Flüssigkeit von 1 Metre Länge in einer Röhre ohne Elasticität durch ein dem ihrigen gleiches Gewicht erleidet.

Zur Anwendung dieser Formel gehört nur die Kenntniß von λ. Diese Bestimmung ist aber leicht, sobald man die Zusammenpressungen der Flüssigkeiten unter einem Atmosphärendruck kennt. Da z. B. das Wasser sich durch einen Atmosphärendruck um 47,85 Milliontheile seines Volumens zusammendrücken läßt, so ist klar, daß eine Wassersäule von 1 Metre Länge in einer unelastischen Röhre sich um 47,85 Milliontheile Metres zusammendrücken wird. Die Atmosphäre, welche diesen Druck ausübt, wäre gleich einer Quecksilbersäule von $0^m,76$ Höhe bei der Temperatur von 10°, die mithin eine Dichtigkeit von 13,544 besäße. Diese wäre ferner gleich einer Wassersäule von $10^m,2934$; also würde eine Wassersäule von 1 Metre eine Verkürzung erfahren von $\frac{0,00004785}{10,2934} = 0^m,0000046486$; dieß ist die Geltung von λ; substituirt man sie in die Formel, so findet man endlich, daß bei einer Temperatur von 10° die Geschwindigkeit des Schalles im Wasser 1453 Metres in der Secunde beträgt.

Die vorhergehende Formel kann leicht auf folgende Art umgesetzt werden:

$$V = \sqrt{\frac{9,8088 \cdot 0,76 \cdot 13,544 \times 1000000}{DC}}$$

D ist die Dichtigkeit der Flüssigkeit im Verhältniß zum Wasser, C die

Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit unter einem Atmosphärendruck, ausgedrückt in Milliontheilchen des ursprünglichen Volumens. Unter dieser Form hat man nur für D und C ihre Werthe zu substituiren, und die Rechnung zu vollenden. Das Ergebniß wird die Geschwindigkeit des Schalls bei einer Temperatur von 10° C. sein, weil alle Zusammendrückungen bei dieser Temperatur berechnet sind. Man findet also folgende Resultate:

Geschwindigkeit d. Schalles in verschiedenen Flüssigkeiten bei einer Temp. von 10°.

Namen der Flüssigkeiten.	Dichtigkeit.	Zusammendrückbarkeit unter 1 Atmosphärendruck, ausgedr. in Milliontheilchen des ursprüngl. Volumens.	Geschwindigkeit des Schalls in 1 Sec. ausgedr. in Metres.
Schwefeläther........	0,712.....	131,35..........................	1039
Alkohol................	0,795.....	94,95..........................	1157
Salzäther	0,874.....	84,25..........................	1171
Terpentinöl...........	0,870.....	71,35..........................	1276
Wasser................	1,.........	47,85..........................	1453
Quecksilber	13,544.....	3,38..........................	1484
Salpetersäure.... ...	1,403	30,55..........................	1535
Ammoniak, tropfbarer	0,9,........	33,05..........................	1842

Das Wasser ist die einzige dieser Flüssigkeiten, welche unmittelbaren Versuchen unterworfen wurde.

Colladon fand die Geschwindigkeit des Schalles im Genfer-See 1435 Metres in der Secunde; diese Zahl differirt wenig genug von der durch die Theorie gegebenen 1453. Indessen wie gering auch die Menge der in den Flüssigkeiten durch die Zusammenpressung freigewordenen Wärme sei, so wird man sich immer darauf gefaßt machen müssen, das Resultat der Erfahrung das der Theorie ein wenig überschreiten zu sehn. An allen den Zahlen der dritten Reihe haftet die Unsicherheit, welche hinsichtlich der Dichtigkeiten der flüssigen Körper übrig bleiben kann, und die noch größere, die hinsichtlich ihrer Zusammendrückbarkeit möglich ist. Nimmt man z. B. für den Alkohol die Zusammendrückbarkeit, die Oersted fand, so würde man als Geschwindigkeit des Schalls in dieser Flüssigkeit 2423 Metres in der Secunde erhalten, statt daß sich aus der Zusammendrückbarkeit nach Colladon und Sturm 1157 ergibt.

III. Geschwindigkeit des Schalles in festen Körpern. Die Formel von de la Place für die Flüssigkeiten ist auch auf feste Körper anwendbar. Es scheint nur, daß noch einige Unsicherheit der Theorie bleibt über die Art und Weise, nach welcher man nur den Werth von λ schätzen soll. Man nimmt freilich an, daß eine Stange von Metall horizontal gestellt, sich in gleichem Verhältniß verkürzt oder verlängert, je nachdem sie ihrer Länge nach durch gleiche Kräfte gepreßt oder ausgezogen wird, und weil es bei festen Körpern leichter ist, die Verlängerung als die Verkürzung zu messen, so nimmt man an, daß in der Formel $V = \sqrt{\frac{g}{\lambda}}$, λ die Verlängerung bedeute, welche eine

Stange von 1 Metre Länge erfährt, die durch ein dem ihrigen gleiches Gewicht ausgezogen wird. Allein diese Verlängerung bleibt nicht dieselbe, wenn die Stange an ihren beiden Enden ausgezogen wird, und übrigens frei ist, oder wenn sie an allen Punkten ihrer Oberfläche ausgedehnt wird. Mehre Betrachtungen nöthigen zu der Annahme, daß λ bei den festen Körpern den Wechsel des Volumens ausdrücken muß, den die Stange erfährt, sobald sie an allen Punkten ihrer Oberfläche durch gleiche Kräfte in Bewegung gesetzt wird. Bei dieser Voraussetzung wird man unter $\lambda \frac{3}{2}$ der Verlängerung verstehen müssen, welcher die Stange unterliegt, sobald sie nur einfach an ihren beiden Enden ausgezogen wird. Wenn also, nach den Versuchen von Colladon und Sturm, eine Glasstange bei einem Zug gleich einem Atmosphärendruck sich um 11 Zehnmilliontheilchen verlängert, so müßte man als Veränderung des Volumens des Glases bei einem Ausziehen an allen Punkten $\frac{33}{2} = 16,15$ Zehnmilliontheilchen annehmen. Reducirt man folglich diese Volumveränderung auf das, was sie bei einem Zug gleich dem Gewicht einer Glasstange von 1 Metre betragen würde, so fände man als Geschwindigkeit des Schalles im Glas 4959 Metres. Borda fand, daß ein Messingstreifen von $3^m,7356$ Länge und 1,1320 Kilogramm Gewicht sich durch einen Zug gleich dem Gewicht von 11,7484 Kilogramm um $0^m,0001121$ verlängert; nach derselben Hypothese schließt man hier leicht, daß die Geschwindigkeit des Schalles in dieser Substanz 2905 Metres beträgt.

Chladni erdachte schon längst eine andere Methode, durch vollkommen directe Versuche die Geschwindigkeit des Schalles in den festen Körpern zu messen. Es sei V die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft, L die Länge einer offenen Röhre, und N die Anzahl Schwingungen, welche sie in einer Secunde macht, wenn sie den Grundton angibt. Die Länge der Wellen, welche sie erregt, ist alsdann gleich der Länge L der Röhre; folglich bilden die Wellenbewegungen N, welche sie in einer Secunde erregt, eine Länge NL, welche vollkommen gleich ist der Geschwindigkeit V, d. i. dem Raume, welchen der Schall in 1'' durchläuft. Man hat also $V = NL$. Es sei ferner V' die Geschwindigkeit des Schalles in irgend einer festen Substanz, L die Länge eines cylindrischen Stabes aus dieser Substanz, und N' die Anzahl der Schwingungen, welche er in 1'' macht, sobald er den Grundton gibt, d. i. der Länge nach schwingt, während er seine Enden frei und den Knoten in der Mitte hat. Die Länge der Wellen, welche er dann in seiner eigenen Substanz hervorbringt, ist gleich L; so bilden die N' Wellenbewegungen, die er in einer Secunde hervorbringt, eine Länge N'L, welche der Geschwindigkeit V' des Schalles, d. i. dem Raume, welchen er in 1'' durchläuft, vollkommen gleich ist. Man hat also $V = N'L$. Mittels dieser und der vorhergehenden Gleichung erhält man; $V' = V \cdot \frac{N'}{N}$, woraus folgt, daß man, um die Geschwindigkeit V' des Schalles in irgend einer festen Substanz zu finden, nur auf den Grundton, den ein der Länge nach schwingender Stab aus dieser Substanz hervorbringt, zu hören, und ihn mit dem Grundton

einer offenen Röhre von derselben Länge zu vergleichen braucht. Das Verhältniß zwischen diesen Tönen, multiplicirt mit der Geschwindigkeit des Schalles in der Luft, gibt als Product die gesuchte Geschwindigkeit. Gesetzt z. B. man ließe einen Stab oder Streifen von Fichtenholz acht Fuß lang, den man in der Mitte unterstützte und am einen Ende mit einem mit Kolophon überzogenen Tuche riebe, seiner Länge nach schwingen, so würde der dadurch hervorgebrachte Ton mit dem dreigestrichenen C auf dem Clavier in Einklang stehn. Also, wenn man weiß, daß eine offene Röhre von acht Fuß Länge das tiefe C gibt, so hat man $\frac{N'}{N} = \frac{C'''}{C} = \frac{25}{2} = 16$, woraus sich ergibt, daß bei Fichtenholz die Geschwindigkeit 16 Mal größer ist, als in der Luft, oder $V' = 340 \cdot 16 = 5440$. Nach einer Reihe analoger Versuche ordnete Chladni folgende Tabelle:

Tabelle der Geschwindigkeiten des Schalles in mehren festen Substanzen.

Namen der Substanzen.	Geschwindigkeiten im Vergleich zu denen des Schalles in der Luft.	Geschwindigkeiten in Metres ausgedrückt.
Fischbein	6⅔	2266
Zinn	7½	2550
Silber	9	3060
Nußbaumholz, Eibenbaumholz*)	10⅔	3624
Messing, Eichenholz, Pflaumenbaumholz	10⅔	3624
Tabakpfeifenthon	10	3400
	12	4080
Rothkupfer	12	4080
Birnbaumholz, Rothbuchen-	12½	4250
Ahornholz	13⅓	4532
Acajou-, Eben-, Weißbuchen-, Ulmen-, Erlen-, Birken-	14⅖	4896
Linden-, Kirschbaum-	15	5100
Weiden-, Fichten-	16	5440
Glas, Eisen od. Stahl	16⅔	5664
Tannenholz	18	6120

Eine neuere sehr interessante Entdeckung ist die 1829 von Trevelyan gemachte, daß nämlich heißes Eisen, welches man schief auf

*) Sind die Holzfasern nicht vollkommen gerade, so ist der Ton bisweilen um eine Terz tiefer.

eine kalte Unterlage von Blei legt, zu tönen beginnt. Nachdem er hierüber eine Mittheilung an die königl. Gesellschaft zu Edinburgh gemacht hatte, stellten Faraday und Leslie Versuche an, und 1833 machte Trevelyan selbst eine Abhandlung über diesen Gegenstand bekannt. Die Entdeckung, daß erhitzte Metalle unter gewissen Umständen Töne erregen, machte Trevelyan zufällig. Als er nämlich mit einem eisernen Pflasterstreicher gemeines Harz auseinander streichen wollte, und das Eisen zufällig zu heiß werden ließ, lehnte er es in schiefer Stellung an einen Bleiblock, so daß der Handgriff auf dem Tische ruhte. Gleich darauf hörte er einen schrillenden Ton. Als er in die Nähe des Streichmessers kam, fand er dasselbe in Vibrationen begriffen, und konnte demnach an der eigentlichen Quelle des Tons nicht mehr zweifeln. Seit der Zeit, als er seine Entdeckung der Edinburgher Akademie mitgetheilt hatte, stellte er mit sehr vielen Metallen Versuche an, um zu erfahren, welche auf diesem Wege zum Tönen zu bringen seien. Er stellte das Resultat seiner Versuche in einer Tabelle dar, aus welcher folgende Angaben entlehnt sind: eine Stange von Platina tönt, wenn sie erhitzt ist, auf einer Unterlage von Zink, Zinn, Blei, Glockengut, Pippenmetall und Blockzinn; Gold auf Blei, feinem Messing (bras.) gemeinem Messing, Glockengut, Pippenmetall; Silber auf Platin, Eisen, Gußeisen, Zink, Zinn, Messing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüssigem Metall; Kupfer auf Platin, Silber, Kupfer, Eisen, Gußeisen, Zink, Zinn, Antimon, Blei, feinem Messing, gemeinem Messing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüssigem Metall; Eisen auf Zink, Zinn, Antimon, Blei, Glockengut, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüssigem Metall; Gußeisen auf Zinn, Blei; Zink auf Zinn, Antimon, Blei, Glockengut, Löthzinn, leichtflüssigem Metall; fein Messing auf Kupfer, Eisen, Gußeisen, Zink, Zinn, Antimon, Blei, fein Messing, gemeinem Messing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn, leichtflüssigem Metall; gemeines Messing auf Zink, Zinn, Blei, gemeinem Messing, Kanonengut, Glockengut, Pippenmetall, Blockzinn, Löthzinn; Kanonengut auf Zinn, Blei, Glockengut, Blockzinn, Löthzinn; Glockengut auf Blei, Löthzinn; Pippenmetall auf Blei und Kanonengut. — Eine Messingstange fängt auf kaltem Blei also gleich zu tönen an, wenn sie hinreichend erhitzt ist; ja ein Stab von 5 Z. Länge, 2 Z. Breite und $\frac{3}{8}$ Z. Dicke oscillirt sogar, wenn er mit 12 Pf. beschwert ist, es muß aber zwischen dem Stabe und seiner Unterlage völlige Berührung stattfinden. Wird die Metallstange auf einem Bleiblock, der an der Berührungsstelle abgerundet ist, in horizontaler Richtung balancirt, wie aus Fig. 216. zu ersehen ist; so sieht man sie in horizontaler und verticaler Richtung schwingen. Man kann diese Schwingungen durch einen über Kreuz gelegten Stab von 10 Z. Länge, der an beiden Enden mit Kugeln versehen ist, leicht sichtbar machen (Fig. 217. und 218.). Ein Kupferring von 5 Z. Durchmesser auf einem Bleistab schwingt im erhitzten Zustande vorwärts und rückwärts, auf einem Bleiblock aber aufwärts und abwärts. Leslie hat zwar auch eine Kupferstange auf einer Glasplatte zum Schwingen

gebracht, doch gelingt dieser Versuch nur schwer. Ein Stab schwingt am besten, wenn er auf einer rauhen Bleiunterlage ruht, Oxydation der Metallflächen hindert aber die Schwingung. Trevelyan brauchte Stangen von verschiedenen Dimensionen. Eine 5 Zoll lange $1\frac{1}{4}$ Z. breite und $\frac{3}{8}$ Z. dicke Stange gab einen recht bemerkbaren Ton, doch muß man ihr einen schweifartigen Ansatz von einem 6 Z. langen Drahtstücke geben und der Länge nach am Rücken derselben eine Furche anbringen, an der entgegengesetzten Seite hingegen die Stange ausshohlen. Ein hohler Cylinder von $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke aus einem seiner Länge angemessenen Durchmesser zeigt die beabsichtigten Schwingungen am besten. Eine Ungleichheit an demselben verstärkt den Ton; beim ersten Auflegen der erhitzten Stange auf die Unterlage entsteht ein unbestimmter Ton, doch wird derselbe deutlich und bestimmt, wenn ein gewisses Verhältniß der Temperaturen eingetreten ist. Aenderung des Druckes auf den Stab ändert die Höhe des Tons und zwar wird letzterer desto höher, je stärker der Druck wird. Reibt man die Oberfläche des Bleies mit Quecksilber, Oel, Gips u. s. w. ein, so hindert man dadurch die Schwingungen. Dasselbe leistet Papier oder ein anderes Zwischenmittel, das man zwischen den Block und die Stange bringt. Ausgleichung der Temperatur macht das Tönen aufhören. Aus allen diesen und mehren anderen Bemerkungen ergeben sich folgende Schlüsse:

1) Um die in Rede stehenden Schwingungen hervorzubringen, muß man einen Stab und einen Block von demselben oder von verschiedenen Metallen nehmen.

2) Diese beiden Stücke müssen von einander abweichende Temperaturen haben, doch richtet sich die erforderliche Temperaturdifferenz auch nach der Natur der Metalle. Zink und Glockengut brauchen einen kleineren Temperaturunterschied als andere harte Metalle.

3) Die Metallfläche der Unterlage muß rauh sein, der Stab kann aber keine zu große Glätte haben.

4) Zwischenmittel hemmen die Schwingungen mit Ausnahme eines Goldplättchens von nahe 200,000tel eines Zolls Dicke.

5) Die Luft hat an dem Entstehen des Tönens keinen besondern Antheil.

6) Elektricität und Galvanismus haben an diesen Phänomenen gar keinen Antheil.

7) Es geben zwar alle Metalle, sowohl die einfachen als zusammengesetzten, wenn eines derselben erhitzt, das andere kalt ist, einen Ton, wenn man sie in gegenseitige Berührung bringt (mit Ausnahme des Wismuths); doch läßt sich derselbe nicht bei allen mit derselben Leichtigkeit hervorbringen.

8) Mit andern Körpern, als mit Metallen hat bis jetzt der Versuch nicht gelingen wollen.

Schatten ist nichts anderes als Mangel an Licht. Von jedem selbstleuchtenden Körper gehen nach allen Richtungen Lichtstrahlen geradlinig aus und erleuchten alle Körper, auf die sie in ihrer Bahn treffen. Durch undurchsichtige Körper können sie jedoch nicht hindurchgehen,

noch, da ihre Bewegung geradlinig ist, um sie herumgehen; folglich wird hinter jedem undurchsichtigen Körper ein nichterleuchteter, der Lichtquelle geradlinig entgegengesetzter Raum bleiben. Dieser heißt der Schatten des undurchsichtigen Körpers. Gestalt und Größe des Schattens hängt von der Gestalt und Größe des ihn bildenden undurchsichtigen Körpers, aber auch von Größe und Lage des leuchtenden Körpers im Verhältniß gegen den beleuchteten ab. Wir können dieß im Allgemeinen am Besten an den Schatten bemerken, welche die verschiedenen Gegenstände in einem von einem Lichte beleuchteten Zimmer werfen. Die Schatten entsprechen sämmtlich in ihrer Gestalt den Gestalten der Gegenstände, welche sie erzeugen, aber diese Gestalt dehnt sich bald mehr auseinander, bald zieht sie sich zusammen, bald begibt sich der Schatten auf die eine, bald auf die andere Seite des Gegenstandes, je nachdem die Stellung des Lichtes verändert wird. In jeder Stellung wird man sich aber die Gestalt, Lage und Größe des Schattens sehr wohl erklären können, wenn man die Art und Weise bedenkt, in welcher in jedem Falle das geradlinig sich fortpflanzende Licht von dem undurchsichtigen Körper abgehalten werden muß. Der Schatten wird uns gewöhnlich nur auf anderen Gegenständen sichtbar, welche selbst erleuchtet sind und von denen durch den schattenwerfenden Körper nur ein Theil des sie sonst beleuchtenden Lichtes abgehalten wird. Der Schatten desselben Körpers kann sehr verschieden ausfallen, je nachdem der Körper, auf dem er erscheint, gegen jenen gestellt ist, durch den er gebildet ist. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man den Schatten eines Körpers mit einer Tafel auffängt, deren Stellung sich verändern läßt. Die sicherste Vorstellung von dem Grunde dieser Erscheinung hat man, wenn man sich den Schatten gleichsam als einen Körper von Finsterniß vorstellt, dessen äußere Formen durch den undurchsichtigen und den leuchtenden Körper bestimmt sind, jedesmal in der Weise, daß seine Vorderfläche mit der Hinterfläche des ihn bildenden Körpers zusammenfällt. Jeder Körper, der nun den Schatten auffängt, zeigt nichts anderes als einen Durchschnitt durch den Körper von Finsterniß. Nehmen wir einen leuchtenden Punkt P (Fig. 219.) an und eine undurchsichtige Kugel K, so wird nur die vordere Hälfte der Kugel beleuchtet sein und hinter die Kugel durchaus kein Licht gelangen können. Man sieht leicht, daß in diesem Falle der Schatten ein abgestumpfter Kegel sein wird, dessen kleinere Grundfläche halbkugelförmig vertieft und rings von einem größten Kreise der Kugel K umgeben sein wird. Aus den Lehren von den Kegelschnitten folgt, daß eine in diesem Schatten in der Richtung CD (senkrecht auf die Axe des Kegels) gestellte Tafel einen vollkommenen Kreis, eine Tafel in der Richtung ET eine Ellipse, eine Tafel in der Richtung GH (parallel PE) eine Parabel, und endlich eine Tafel in der Richtung LM eine Hyperbel als Schatten der Kugel K zeigen wird.

Sehr verschieden wird die Erscheinung, wenn an die Stelle des leuchtenden Punktes eine leuchtende Kugel L (Fig. 220.) tritt, welche größer ist als die undurchsichtige Kugel K. Offenbar wird hier wiederum nur der vordere L zugewendete Theil von K beleuchtet werden

können, aber der Schatten wird nicht mehr die Gestalt eines abgestumpften Kegels haben. Jeder Punkt der Kugel L entsendet nach allen Richtungen geradlinige Lichtstrahlen. Die Punkte O und P, welche ringsum in einem größten Kreise um L liegen, sind die äußersten Punkte der leuchtenden Kugel, von denen noch Lichtstrahlen nach der Kugel K gelangen können, von diesen und von allen Punkten auf der gegen K gewendeten Halbkugel von L fallen Lichtstrahlen auf K. Alle diese auf K fallende Strahlen werden abgehalten, in den Raum hinter K zu gelangen. Aber man sieht schon aus der Zeichnung, daß während nach Q und R von allen Punkten der bezeichneten Halbkugel von L Licht kommt, wie wenn K gar nicht vorhanden wäre, von S und T viele aber nicht alle Strahlen, und endlich von U in der That alle Strahlen zurückgehalten werden. Dieser Raum U, in den gar kein Licht kommt, wird offenbar begrenzt durch die Strahlen der äußersten Punkte im größten Kreise, in welchem O und P liegen, und ist folglich ein Kegel, der bei D seine Spitze und seine Grundlinie in einem größten Kreise AB um K hat. Dieser Schatten wird der Kernschatten der Kugel K genannt, während man den Raum, in den zwar einiges aber nicht alles Licht frei gelangen kann, den Halbschatten der Kugel nennt. Was diesen letztern betrifft, so sieht man leicht, daß er die Gestalt eines abgestumpften Kegels hat, und daß er immer heller wird sowohl gegen seinen Rand hin, als je weiter er sich von K entfernt. Eben so leicht übersieht man aus der Zeichnung, wenn der leuchtende Körper L (Fig. 221.) eine kleinere Kugel als der beleuchtete K ist, daß dann der Kernschatten CABD ein kleinerer abgestumpfter Kegel als der Halbschatten EABF sein wird. Auf ähnliche Weise wird sich der Schatten für jede Art von Körpern bestimmen lassen.

Die Aehnlichkeit der Gestalt des Schattens, der auf einer Ebene aufgefangen wird, benutzt man, um die Umrisse der Körper, namentlich menschlicher Profile, zu zeichnen. Soll diese Aehnlichkeit scharf und naturgemäß ausgedrückt sein, so muß man sich möglichst nur Eines leuchtenden Punktes bedienen, z. B. eines Lichtes und dieses so anbringen, daß eine durch ihn und durch den beleuchteten Körper gehende gerade Linie die den Schatten auffangende Ebene senkrecht trifft. Aus dem Vorhergehenden folgt, daß der Schatten um so kleiner sein wird, je näher die den Schatten auffangende Ebene am schattenwerfenden Körper steht und je weiter das Licht absteht. Der Durchmesser des Schattens wird immer größer sein als der des schattenden Körpers; und zwar in dem Verhältniß von $m + n$ zu n, wenn n den Abstand des leuchtenden Punktes vom schattenden Körper und m den Abstand dieses Körpers von der auffangenden Ebene bezeichnet. Man sieht dieß aus Fig. 222.; ab ist der Durchmesser des Körpers, l der Lichtpunkt, cd der Durchmesser des Schattens; so hat man $cd : ab = fl : cl = m + n : n$.

In dem Vorhergehenden ist immer angenommen worden, daß das Licht sich nur geradlinig fortpflanze. Bekanntlich ist dieß aber nicht streng richtig, sondern das Licht erleidet beim Vorübergehen am Rande eines Körpers stets eine Beugung (s. d. Art.). Daher wird der wirklich sich bildende Schatten (der physische) immer etwas kleiner als

der durch mathematische Betrachtung in der angegebenen Weise gefundene (geometrische) sein. Die Sonne ist am Tage die Lichtquelle, welche den Schatten bewirkt. Da sie nun für die Bewohner der gemäßigten Zone entweder stets südlich oder stets nördlich ist, so haben die Bewohner derselben stets einen Schatten, der bei denen auf der Nordhälfte der Erde immer gegen Norden, bei denen auf der Südhälfte immer gegen Süden gewendet ist; sie werden wegen dieser Einen Richtung ihres Schattens Einschattige genannt. Dagegen haben die um die Pole wohnenden Menschen jährlich einen langen Tag, an dem die Sonne rings um den Horizont herumgeht, und da der Schatten immer der Sonne entgegengesetzt bleibt, so geht während dieses Tages folglich auch der Schatten rings um sie herum, und sie heißen daher Umschattige. Die Bewohner der heißen Zone endlich haben jährlich zweimal die Sonne gerade über ihren Köpfen, so daß ihr Schatten gar nicht sichtbar ist, sie heißen dann Unschattige; die übrige Zeit des Jahres steht ihnen die Sonne nördlich oder südlich und der Schattin ist demgemäß eine Zeit lang südlich und eine andere nördlich, weßwegen sie auch Zweischattige genannt werden. Die welche gerade unter den Wendekreisen wohnen, sind an Einem Tage unschattig und die übrige Zeit des Jahres einschattig.

Die älteren Astronomen haben den Schatten zur Bestimmung der Höhe der Sonne benutzt, d. h. des Neigungswinkels, welchen eine im Auge des Beobachters nach der Sonne gezogene gerade Linie mit der Horizontalebene des Beobachtungsortes macht. DE (Fig. 223.) sei die Horizontalebene, auf welcher ein senkrechter dunkler Körper, z. B. ein Stab oder Obelisk (Gnomon) AB aufgerichtet ist; S sei die Sonne, so wirft AB auf die Horizontalebene einen Schatten AC, der durch SBC, die Linie von der Sonne über B, begrenzt wird. In C nehmen wir den Beobachter an, so ist ACS die Höhe der Sonne, und da AB und AC gemessen werden können, so kann man nach den Lehren der Trigonometrie den Winkel ACS berechnen; es ist nämlich $\text{tang.} ACS = \frac{AB}{AC}$. Der so gefundene Schatten AC wird der gerade Schatten genannt, zum Unterschiede vom umgekehrten Schatten, den man in folgender Weise findet. DE (Fig. 224.) ist eine lothrechte Ebene, auf welche der Stab BA senkrecht steht und S bezeichnet wieder die Sonne; so ist AC der umgekehrte Schatten und Winkel $ABC = SBA'$ die Höhe der Sonne, den Beobachter in B angenommen. Man kann wieder BA und AC messen und findet dann $\text{tang.}\ ABC = \frac{AC}{BA}$. Hier läßt sich auch leicht die Aufgabe der Messung eines hohen Gegenstandes mit Hilfe seines Schattens übersehen. Gesetzt (Fig. 223.) sei AB ein Obelisk oder Thurm, dessen Höhe man nicht kennt, so stellt man bei a einen Stab ab lothrecht auf, dessen Höhe bekannt ist, so lehrt die Geometrie, daß $Ca : CA = ab : AB$, d. h. $AB = \frac{ab \,.\, CA}{Ca}$. Auf solche Weise wird man

die Höhe jedes Körpers bestimmen können, vorausgesetzt, daß man AC zu messen im Stande ist. Bei Bergen ist diese Messung nicht wohl möglich, daher sich hier die Höhenbestimmung aus dem Schatten nicht wohl anbringen läßt.

Wird ein Körper von mehren verschiedenen Lichtquellen erleuchtet, so zeigt er auch eben so viele Schatten als Lichtquellen, aber jeder dieser Schatten rührt nur von Einer Lichtquelle her und wird durch die anderen Lichtquellen erleuchtet. Haben die Lichtquellen nun verschieden gefärbtes Licht, so kann es der Fall sein, daß der Schatten, welcher von gefärbtem Lichte erleuchtet wird, nicht wie jeder völlige Schatten, das ihn erzeugende Licht mag eine Farbe haben welche es will, schwarz, sondern gefärbt erscheint. Am leichtesten kann man die schöne Erscheinung der gefärbten Schatten beim unbestimmten Lichte der Morgen- und Abenddämmerung erhalten, wenn man in dem Zimmer, wo der Schatten eines Körpers auf weißem Grunde beobachtet wird, zugleich eine Kerze anzündet. Das Licht der Kerze ist röthlich, und von den beiden Schatten, welche durch die zwei Lichtquellen hervorgerufen werden, erscheint der des Tageslichtes, der vom Kerzenlichte allein beleuchtet ist, gelb, während der vom Kerzenlichte hervorgerufene, welcher vom Tageslichte allein beleuchtet wird, bläulich erscheint. Das Dasein des gelben Schattens ist aus der Beschaffenheit des Kerzenlichtes erklärt, aber warum der Schatten, den das Tageslicht beleuchtet, blau erscheint, ist eine Frage, die indeß sogleich ihre Beantwortung findet, wenn man sich der Phänomene der subjectiven Farben erinnert. Bekanntlich erscheint jeder gelbe Gegenstand auf weißem Grunde bei schärferer Betrachtung mit einem blauen Rande umgeben, und in dieser Weise fordert gleichsam jede einzelne Farbe die ihr entsprechende Ergänzungsfarbe heraus (s. d. Art. Farbe S. 377.). Der Gegensatz des gelben Schattens ist es, welcher den anderen Schatten blau erscheinen läßt. Man kann die Versuche auch mit verschieden gefärbten Lichtern anstellen, welche man erhält, wenn man eine Lampe mit verschiedenfarbigen Gläsern bedeckt. Hat man zwei verschieden gefärbte Lichter, so wird das intensivste die Farben der Schatten bestimmen, so daß stets die eine die Ergänzungsfarbe der andern ist. Schwieriger scheint die Erklärung des Phänomens, daß ohne Hilfe des Kerzenlichtes blaue Schatten im Freien auf weißem Grunde erscheinen, wenn die Sonne in der Nähe des Horizonts steht. In diesem Falle ist aber die Sonne selbst gefärbt, und ein röthliches Licht beleuchtet alle Gegenstände. Hier sieht das Auge im farblosen, schwärzlichen Schatten die Ergänzungsfarbe des gelbrothen Lichtes, in dem alle beleuchteten Gegenstände stehen.

Scheitel heißt beim Menschen der oberste Theil des Hauptes, und man nennt hiernach den über dem Haupte des aufrechtstehenden Menschen liegenden höchsten Theil des scheinbaren Himmelsgewölbes den Scheitel oder (mit einem ursprünglich arabischen Worte) Zenith. Denkt man sich von diesem durch den Standpunkt des Beobachters eine gerade Linie so weit verlängert, bis sie auf der entgegengesetzten Seite wiederum das Himmelsgewölbe trifft, so ist dieser Punkt der Fuß-

punkt oder (arab.) Nadir. Alle am Himmelsgewölbe angenommenen größten Kreise, welche durch Nadir und Zenith gehen und mithin senkrecht auf dem von ihnen halbirten Horizonte (s. d. Art.) stehen, werden Scheitelkreise auch (lat.) Verticalkreise genannt. Der erste Scheitelkreis ist der, welcher durch den wahren Morgen- und Abendpunkt geht und mithin auf dem Mittagskreise des Ortes senkrecht steht und ihn halbirt. Man bedient sich der Scheitelkreise um die Lage der Gestirne zu bestimmen. Man denkt sich durch den zu bestimmenden Stern einen Scheitelkreis gelegt und mißt den Bogen dieses Kreises zwischen Horizont und Stern. Auf diese Weise erhält man die Höhe des Sternes. Die Ergänzung dieses Winkels zu 90° ist gleich dem Bogen desselben Scheitelkreises vom Zenith bis zum Sterne, und heißt der Abstand desselben vom Scheitel, oder die Zenithdistanz. Die größte Höhe erreicht ein Stern dann, wenn er sich im Mittagskreise, welcher ebenfalls ein Scheitelkreis ist, befindet.

Schiefe der Ekliptik heißt der Winkel, welchen die Ekliptik (s. d.) mit dem Aequator macht. Um sie aus Beobachtungen zu bestimmen, muß man zunächst die Aequatorhöhe (s. d. Art. Aequator) des Ortes kennen, an welchem die Beobachtungen angestellt werden. Gesetzt in Fig. 225. sei HO der Horizont eines Beobachters in C, Z sein Zenith, N sein Nadir, AQ der Aequator, P der Nordpol, P' der Südpol, so ist der Bogen HP die Polhöhe und AO die Aequatorhöhe. Nun kann man die Polhöhe aus directer Beobachtung finden, weil man die Sterne in der Nähe des Nordpols kennt, und da nun $HZ = PA$, weil beider Bogen von 90°, so ist $HZ - PZ = PA - PZ$, d. h. $HP = ZA$. Es ist aber ferner $ZO = 90°$ und die Aequatorhöhe $AO = ZO - ZA = 90° - HP$ d. h. die Aequatorhöhe gleich 90° weniger der Polhöhe. Hat man nun die Höhe der Sonne zur Zeit eines Solstitiums beobachtet, d. h. zu einer Zeit, wo sie den höchsten Punkt in der Ekliptik erreicht hat, so ist offenbar diese Höhe der Sonne weniger der Aequatorhöhe die Schiefe der Ekliptik. Ohne die Aequatorhöhe zu kennen, findet man die Schiefe der Ekliptik sammt Aequatorhöhe und Polhöhe aus der Beobachtung der Sonnenhöhe in beiden Solstitien eines Jahres. Da nämlich der Aequator und die Ekliptik beide größte Kreise der Himmelskugel sind, so muß die Ekliptik auf der einen Seite genau eben so hoch über dem Aequator stehen, als sie auf der anderen Seite unter demselben steht; d. h. wenn die Sonnenhöhe in dem einen Solstitium z. B. $= OE$ und im andern $= OK$ ist, so muß $KA = KE$ sein und man hat folglich $\frac{OE - OK}{2} =$ der Schiefe der Ekliptik, folglich (nach dem Obigen) $\frac{OE - OK}{2} = OE - AO$ d. h. $OA = \frac{2\,OE - OE + OK}{2}$ $= \frac{OE + OK}{2}$, welches die Aequatorhöhe, und hieraus ergibt sich die Polhöhe $HP = 90° - OA$.

Da die Beobachtung der Höhe der Sonne so einfach mit Hilfe des Gnomons (s. d. Art. Schatten S. 387) geschehen kann, so besitzen wir schon aus sehr frühen Zeiten namentlich von den Chinesen, Sonnenbeobachtungen, aus denen sich die Schiefe der Ekliptik ableiten läßt. Man findet in dieser Weise folgende nach den Beobachtern zusammengestellte Bestimmungen dieser Größe.

Tschu-Kong in China 1100 v. Chr. .... 23° 52′ 0″
Der Grieche Pytheas in Marseille 350 v. Chr. 23° 49′ 20″
Der Araber Ibn-Junis in Aegypten 1000 n. Chr. 23° 34′ 26″
Ko-schu-King 1280 n. Chr. .... 23° 32′ 2″
Ulug-Beigh in Samarkand 1437 n. Chr. .... 23° 31′ 48″
Bradley in England 1750 n. Chr. .... 23° 28′ 18″
1830 n. Chr. .... 23° 27′ 40″

In diesen Angaben bemerkt man eine Verschiedenheit, deren Grund man entweder in Beobachtungsfehlern oder in einer Veränderung in der Schiefe der Ekliptik zu suchen hat. Man könnte das erstere anzunehmen geneigt sein, aber der Umstand, daß eine ziemlich regelmäßige Abnahme dieser Schiefe aus Vergleichung der Bestimmungen sich ergibt, spricht für die zweite Annahme. In der That hat man es auch durch Verbesserung des astronomischen Werkzeuge bereits soweit gebracht, daß man die Abnahme der Schiefe der Ekliptik schon innerhalb eines Zeitraumes von 5 Jahren deutlich bemerken kann, und die mathematische Betrachtung aller im Sonnensysteme gegen einander wirkenden Kräfte hat die Ursache und die genaue Bestimmung ihrer Wirksamkeit, welche jener Abnahme zum Grunde liegt, kennen gelehrt. Die Ursache ist der Einfluß der sämmtlichen Planeten des Sonnensystems und ihre Wirksamkeit der Art, daß in 100 Jahren die Schiefe der Eklyptik um 48,368 Sec. sich ändert. Auf das Ueberraschendste werden durch diese Entdeckung die alten Beobachtungen selbst bestätigt, indem man z. B. findet, daß bei der ältesten dieser Beobachtungen, wenn man der Theorie gemäß nachrechnet, nur ein Beobachtungsfehler von 44 Sec. stattgefunden hat. Die genaueren Untersuchungen haben auch gezeigt, daß die Abnahme der Schiefe der Ekliptik nicht immerwährend fortschreitet, bis diese endlich = 0 wird, d. h. bis Ekliptik und Aequator zusammenfallen, sondern daß vielmehr der Werth der Schiefe der Ekliptik nur bis 21° abnimmt und dann wieder bis 28° zunimmt u. s. w., woraus ein periodisches Schwanken der Ekliptik sich ergibt. Die Perioden dieses Schwankens sind aber sehr groß. Man hat berechnet, daß 29400 v. Chr. die Schiefe der Ekliptik am größten = 27° 31′ war, daß sie seitdem 15000 Jahre abnahm, bis sie 14400 v. Chr. am kleinsten = 21° 20′ war. Hiernach wuchs sie wieder bis zu 23° 53′ im J. 2000 v. Chr. also 12400 Jahre lang, und nimmt nun ab. Diese Abnahme wird dauern 8600 Jahre, so daß die Schiefe der Ekliptik im J. 6600 n. Chr. einen kleinsten Werth von 22° 54′ erreicht haben wird. Hierauf wird sie wieder 12700 Jahre wachsen und im J. 19300 n. Chr. einen größten Werth von 25° 21′ erreicht haben; u. s. f.

Schlag, elektrischer, heißt die Explosion, welche entsteht, wenn sich die entgegengesetzten Elektricitäten, durch einen sie noch trennenden schlechten Leiter hindurch mit Gewalt und unter Feuererscheinung vereinigen. Die Entstehung und Erscheinung desselben ist schon in den übrigen die Elektricität betreffenden Artikeln vielfach behandelt worden, daher hier nur über die Wirkungen desselben noch im Zusammenhange zu sprechen ist.

Wenn eine hinreichend starke elektrische Entladung durch irgend eine mehr oder weniger gut leitende Substanz hindurchgeht, so ist im Allgemeinen die Folge eine Veränderung in der Stellung und Ausdehnung derjenigen Bestandtheile derselben, welche sie auf ihrem Wege trifft. Je nach der Natur der Körper kann sich hieraus Ausdehnung, Schmelzung, Verflüchtigung, Zersetzung oder Zerreißung ergeben. Diese Erscheinungen sind gewöhnlich von Temperaturerhöhung begleitet. Die in Flüssigkeiten hervorgebrachte Ausdehnung ist so bedeutend, daß Glasgefäße, welche sie enthalten, zerschmettert werden. So brachte Beccaria einen Tropfen Wasser in die Mitte einer festen Glaskugel und ließ zwischen zwei Dráhten, welche den Wassertropfen berührten, einen elektrischen Schlag durchgehen. Dabei wurden die Theilchen der Flüssigkeit mit solcher Gewalt auseinandergeworfen, daß die Kugel mit Heftigkeit zerschmettert wurde. Bei Anwendung von Batterien kann man mit Wasser gefüllte Glasflaschen zerschmettern, wenn der Abstand zwischen den Wänden des Glases und den Dráhten, welche die Elektricität leiten, ungefähr 2 Zoll beträgt. Diese Erscheinung hat man angewendet, um gläserne Flaschen oder Platten zu durchbrechen. Der Apparat Fig. 226. ist hierzu bestimmt. TT ist ein Tischchen, auf welches man die Platte V legt, welche der Wirkung zweier Spitzen PP' ausgesetzt werden soll, zwischen denen der elektrische Schlag erfolgt. Um die Macht des elektrischen Schlages an verschiedenen Körpern, durch die man ihn durchgehen läßt, zu zeigen, bedient man sich gewöhnlich des im Art. Auslader erwähnten allgemeinen Ausladers. Der Durchgang des elektrischen Funkens durch die Luft, und die Ausdehnung, die er in dieser hervorbringt, werden mit Hilfe des Kinnersley'schen Thermometers merklich gemacht. Dieser Apparat (Fig. 227.) besteht aus einer Proberöhre EE', welche an ihren beiden Enden verschlossen ist und an die eine Röhre tt' angefügt ist. Die letztere ist aber offen und steht mit dem Innern der Proberöhre in Verbindung. Eine Flüssigkeit steht gleich hoch in beiden Röhren. Läßt man nun zwischen den beiden Metallkugeln bb' einen Funken überspringen, so erhebt sich augenblicklich die Flüssigkeit in der Röhre, welches ein Zeichen der erfolgten Ausdehnung der Luft ist. Denselben Erfolg erhält man noch durch folgenden Versuch. Man nimmt einen kleinen Mörser von Elfenbein und bringt am Boden desselben 2 Metalldrähte so an, daß ihre Enden etwa $\frac{1}{4}$ Zoll von einander abstehen. Genau über diesen Zwischenraum bringt man in die Hohlung eine Korkkugel oder eine Kugel von Hollundermark. Läßt man zwischen beiden Dráhten eine starke Ladung überschlagen, so wird durch die plötzliche Ausdehnung der Luft die Kugel aus dem Mörser geworfen.

Eine andere Klasse von Wirkungen des elektrischen Schlages ist die Wärmeerzeugung, welche man in den meisten Fällen wahrnimmt. Wenn man die Kugel eines empfindlichen Thermometers in den Weg bringt, welchen eine starke elektrische Entladung durchläuft, so zeigt der Thermometer sogleich eine Erhöhung der Temperatur an. Diese Erhöhung ist um so merklicher, je schlechtere Leiter der Elektricität die von dem elektrischen Funken durchlaufenen Mittel sind und je stärker der elektrische Funke selbst ist. Wenn man die beiden Enden einer Voltaschen Säule durch einen hinlänglich feinen und kurzen Metalldraht verbindet, so sieht man diesen Draht sich erhitzen, glühend werden, schmelzen und sogar verbrennen, wenn er oxydirbar ist. Aehnliche Wirkungen werden auf gleiche Weise mit Entladungen elektrischer Batterien hervorgebracht, und man bedient sich des allgemeinen Ausladers, um diese Art von Versuchen anzustellen. Der Draht wird zwischen zwei Pincetten angebracht, welche in die gegenüberstehenden Kugeln des Ausladers eingeschraubt sind. Cuthbertson und andere Physiker, die mit Elektrometern die Wärme erzeugende Wirkung gemessen haben, welche durch die Entladung einer Batterie hervorgebracht wird, haben gefunden, daß sie ungefähr wie das Quadrat der Ladung der Batterien für bestimmte Längen der Drähte wächst. Dieses Gesetz variirt außerdem nach der Dicke der Flaschen, aus denen die Batterie besteht. Die dickeren haben eine geringere Schmelzkraft. Cavendish hat gefunden, daß die Quantität der Elektricität, welche nöthig ist um verschiedene Flaschen zu laden, deren belegte Oberfläche gleich ist, im umgekehrten Verhältniß gegen ihre Dicke steht. Wenn die Ladung nicht hinreicht, um die Drähte zu schmelzen; so treten auf der Oberfläche derselben je nach ihrer natürlichen Beschaffenheit verschiedene Farbenerscheinungen auf. Bei einem Stahldrahte z. B. wird die Färbung nach und nach blau, gelb, hellroth und bei stärkerer Ladung schmilzt das Metall. Wird die Ladung noch bedeutender, so verschwindet das Metall mit glänzender Flamme und auf einem untergelegten Papiere setzt sich ein feiner rother Staub ab, welcher oxydirtes Eisen ist. Die Wirkungen, welche die Metalle erleiden, hängen gleichmäßig von ihren natürlichen Eigenschaften ab. Platin, Gold und Silber werden geschmolzen und verflüchtigt. Die beiden ersten werden nicht oxydirt, wie man anfangs glaubte, weil die Hitze, der sie bei der Schmelzung selbst ausgesetzt sind, hinreicht ihre Oxyde zu reduciren. Cuthbertson hat eine große Anzahl von Beobachtungen über die Schmelzung der Metalle durch Elektricität angestellt. Der Apparat, dessen er sich dabei bediente, ist aus einer Glasröhre von 2 oder 3 Zoll Durchmesser und 8 Zoll Länge gemacht. An seinen beiden Enden ist er durch eine Dille verschlossen, an deren einer sich ein Hahn befindet, durch den man eine gegebene Quantität Luft oder jedes andere Gas eintreten lassen kann. Ueber diesem Hahne befindet sich im Innern der Röhre eine kleine Spuhle, über die ein Metalldraht und ein Bindfaden gewickelt sind, die parallel und einer an den andern von 4 zu 4 Z. befestigt sind. Ein 3 Z. langer Cylinder von Kupfer ist auf die Mitte der oberen Dille geschraubt. Mittels einer langen Nadel läßt man die Enden des Bindfadens und des Metalldrahts durch den

Cylinder gehen, dann verschließt man ihn mit einem Stöpsel, so daß der Draht und der Bindfaden in der Röhre sich bewegen. Wenn der Draht verbrannt ist, so setzt man mittelst des Bindfadens einen anderen an seine Stelle. Um zu bestimmen eine wie große Menge Luft absorbirt worden, paßt man an die innere Mündung des Hahnes eine enge Glasröhre, die etwa 10 Zoll lang und an einem ihrer Enden offen ist. Das freie Ende wird in ein Gefäß mit Quecksilber gehängt. Wenn der Hahn offen ist, so zeigt die Erhebung des Quecksilbers die Quantität des absorbirten Gases an. (Aehnlich wie bei den Eudiometern s. d. Art. Sauerstoff). Da die Temperatur der Luft bei diesen verschiedenen Versuchen von großem Einfluß ist, so bestimmt man die Absorption nicht eher, als wenn jene der Temperatur der umgebenden Luft gleich geworden ist. Wenn man die Versuche mit atmosphärischer Luft anstellt, so werden die meisten Metalle oxydirt, und es findet Absorption von Sauerstoff statt. Nach Maßgabe der verschiedenen Dehnbarkeit der Metalle bringen gleiche Ladungen nicht gleiche Wirkungen auf Drähte verschiedener Metalle von demselben Durchmesser und von derselben Länge hervor. Eisen und Platin erleiden größere Wärmewirkungen als Gold und Silber, welche die Elektricität besser leiten. Wenn der Gasbehälter nur mit Wasserstoffgas oder Stickgas gefüllt ist, so wird das Metall nur geschmolzen und in sehr kleine Theilchen verwandelt. Folgendes ist die Zusammenstellung der Resultate, welche Cuthbertson in der Luft bei Drähten aus verschiedenen Metallen von 10 Zoll Länge erhalten hat, bei Anwendung einer Batterie, deren innere Belegung ungefähr 17 Quadratfuß betrug.

Namen der Metalle.	Durchmesser der Drähte	Ladung in Grans des Elektrometers.*)	Farbe des gesammelten metallisch. Staubes.
Bleidraht	1/90	20	wenig dunkeles grau
Zinndraht	1/90	30	beinah weiß
Zinkdraht	1/90	45	beinah weiß
Eisendraht	1/150	35	röthlich braun
Kupferdraht	1/150	35	bräunlich purpurroth
Platindraht	1/150	35	schwarz
Silberdraht	1/150	40	schwarz
Golddraht	1/150	40	bräunlich purpurroth

*) Cuthbertson's Elektrometer hat folgende Einrichtung (Fig. 228). AB ist ein langes hölzernes Bret, ungefähr 18 Zoll lang und 6 Zoll breit, in welchem zwei gläserne Säulen D,E befestigt sind, die drei Metallkugeln E, J, b tragen. Unten an der Messingkugel E geht ein langer Metallhaken hervor, den man mit dem äußern Beleg der Batterie verbindet. Mit der Kugel J ist durch einen Stab der metallene Theil CF verbunden, der sich in zwei hohle Kugeln endigt, und mit dem innern Beleg der Batterie in Verbindung gesetzt wird. Die Kugel b, welche durch eine messingene Röhre mit der Kugel J in Verbindung steht, besteht aus zwei auf einander aufgefügten Halbkugeln, so daß man die obere Hälfte sammt dem daran angebrachten Quadrantenelektrometer abnehmen kann. Mittelst zweier seitlichen

Van Marum hat es mit seiner großen Maschine (s. Elektrisirmaschine) dahin gebracht, einen Eisendraht von 50 F. Länge zu schmelzen. Läßt man die Ladung durch einen mit Gold oder Silber übersponnenen Seidenfaden gehen, so wird das Metall verflüchtigt, ohne daß die Seide merklich angegriffen wird, jedesmal unter der Voraussetzung, daß die Ladung nicht sehr stark sei. Die elektrische Entladung begnügt sich nicht die Metalle und ihre Legirungen zu schmelzen und zu verflüchtigen; sie kann selbst eine chemische Trennung der Bestandtheile der Legirungen bewirken, z. B. beim Messing, wo Kupfer und Zink getrennt werden und man ihre Oxyde auf einer Glastafel sammeln kann.

Wie die Elektricität die Körper in ihre Bestandtheile zerlegen und zugleich neue Verbindungen herstellen kann (wie in den eben erwähnten Fällen) so können durch sie gewisse Oxyde auch in metallischen Zustand zurückgeführt werden. Man bringt in eine horizontale Glasröhre eine kleine Quantität Zinnoxyd und in das Innere der Röhre in geringem Abstande von einander die beiden Leiter des allgemeinen Ausladers, so reduciren die elektrischen Schläge allmälig einen Theil des Oxyds und man bemerkt auf der Oberfläche der Röhre kleine Theilchen metallischen Zinns.

Einschnitte geht durch diese Kugel die Messingstange GH hindurch, die mittelst zweier scharfen Zapfen auf einer dazu eingerichteten Pfanne ruht, so daß sie sich aus ihrer horizontalen Lage begeben und ihre Kugel H gegen die Kugel E bewegen kann. Die Stange ist solchergestalt nichts anders, als ein zweiarmiger Hebel, welcher durch die Kugeln G und H genau ins Gleichgewicht gebracht ist, und dessen Schwerpunkt etwas oberhalb seines Ruhepunktes fällt. Bei horizontaler Lage des Hebels berühren sich die Kugeln G und F; durch Senkung des Arms bH aber kommt die Kugel H mit der Kugel E in Berührung, die bei horizontaler Lage des Arms 4 Zoll davon entfernt ist. Der Arm Gb ist mit einer Gradeintheilung versehen, und mittelst eines verschiebbaren Gewichts, welches daran angebracht ist, kann man, je nach der größeren oder geringeren Entfernung desselben vom Ruhepunkt, die Kugel G mit verschiedener und meßbarer Kraft gegen die Kugel F angedrückt halten. Es leuchtet ein, daß, wenn die Kugeln F und G einen gewissen Grad gleichartiger Ladung erhalten, sie sich wechselseitig abstoßen werden, und daß, wenn diese Abstoßung das Gewicht, welches sie an einander gedrückt hält, überwiegt, der Arm Gb sich erheben, dabei das als sehr leicht beweglich vorausgesetzte Gewicht nach b herabgleiten machen, der Arm bH aber sich nach der mit dem äußern Beleg verbundenen Kugel E senken wird, und daß solchergestalt die Gemeinschaft zwischen dem innern und äußern Beleg hergestellt werden wird. Indem man nun das Gewicht immer auf denselben oder auf verschiedenen Stellen des Arms Gb anbringt, wird man begreiflich stets Entladungen von gleicher oder von verschiedener, aber vergleichbarer Stärke hervorbringen können. In die Verbindung zwischen E und N wird begreiflicher Weise der Körper gebracht, an dem die Wirkung des Entladungsschlages beobachtet werden soll.

Der Zinnober wird durch eine mäßige Leidner Flasche zerlegt, das Quecksilber und der Schwefel (die Bestandtheile des Zinnobers) hängen abgesondert von einander am Glase.

Der elektrische Schlag hat die Eigenthümlichkeit, verbrennbare Körper bei Berührung mit der Luft zu entzünden, wenn er über die Oberfläche derselben hingeht, selbst wenn diese Körper schlechte Elektricitätsleiter sind. Einige Beispiele dieser Entzündung sind folgende. Man gieße Aether oder Alkohol in ein isolirtes metallenes Gefäß, welches man elektrisirt. Hierauf braucht man nur den Finger der Oberfläche der Flüssigkeit zu nähern, um einen Funken herauszuziehen, so wird sich dieselbe entzünden. Wenn der Alkohol nicht sehr rectificirt ist (noch viel Wasser enthält) muß man erst seine Temperatur erhöhen, um die Entzündung zu bewerkstelligen. Um Harz zu entzünden, streut man es in Gestalt eines feinen Pulvers auf Baumwolle, welche man in die Leitung eines Schlages von einer starken Leidner Flasche bringt, so entzündet sich zuerst das Harz und dann auch die Baumwolle. Man kann, wenn man will, das Harz in Pulverform auf Wasser bringen, über welches man in geringem Abstande vom Niveau zwei Metalldrähte bringt, so daß ihre Enden etwa 4 oder 5 Zoll von einander abstehen. Der Schlag aus einer Flasche reicht hin die Entzündung zu bewirken. Durch dasselbe Mittel wird auch Phosphor entzündet.

Wenn man zwischen drei Glasplatten zwei sehr dünne Goldplättchen legt, so daß diese etwas über das Glas vorragen, und durch die Goldplättchen die Ladung einer großen Flasche gehen läßt, so werden sie geschmolzen und in die Glasoberfläche hineingetrieben. Die äußern Glasplatten werden dabei in der Regel zerschmettert, während die mittlere ganz bleibt und auf beiden Seiten einen unvertilgbaren Metallfleck bekommt. Man lege einen Streifen Gold oder Silberblatt auf weißes Papier und lasse durch ihn einen starken Schlag gehen; so verschwindet das Metall mit einem glänzenden Blitz und das Papier zeigt einen Fleck von Purpur- oder grauer Farbe. Singer beschreibt ein Verfahren, mit Hilfe dessen man auf Seide oder Papier oder andere Gegenstände colorirte Verzierungen verschiedener Art bringen kann. Man zeichnet zunächst auf ein dickes Papier die Skizze der darzustellenden Figur und schneidet sie dann aus. Der Ausschnitt wird auf die Seide oder das Papier gelegt, auf dem man den Abdruck haben will, und mit einem Goldblatt belegt, über das man ein Kartenblatt deckt. Das Ganze wird dann zusammengepreßt und durch das Goldblatt ein elektrischer Schlag geleitet. Das Gold kann sich natürlich nur an der Stelle der ausgeschnittenen Zeichnung einprägen.

Priestley hat kreisförmige Flecke beschrieben, welche auf Metallstücken durch starke elektrische Schläge hervorgebracht werden. Nachdem er eine Batterie von 40 Quadratfuß Belegung mit einem Knopf von polirtem Kupfer entladen hatte, bemerkte er auf der Oberfläche einen ziemlich großen kreisförmigen Fleck, dessen Mittelpunkt geschmolzen war, und der von einer großen Anzahl Punkten gebildet wurde, die um so größer waren, je näher am Mittelpunkte sie lagen. Jenseit dieses Fleckes fand sich ein schwarzer Staub, welcher nicht anhing, dann ein ganzer

Kreis glänzender Punkte, die aus oberflächlich geschmolzenen Theilen ähnlich denen in der Mitte bestanden. Fig. 229. stellt das beschriebene Resultat dar. Aehnliche Flecke wurden auf polirten Platten von Blei und Silber hervorgebracht, nur daß beim Silber der Mittelfleck aus vom Mittelpunkte ausstrahlenden Punkten bestand. Durch das Mikroskop betrachtet erschienen die glänzenden Punkte des Mittelfleckes und die des äußeren Kreises als eben so viele kleine Höhlungen. Auf einer Goldplatte bemerkte man außer den Höhlungen kleine aus der Schmelzung des Metalls entstandene hohle Metallkügelchen. Priestley fand, daß die Höhlungen auf verschiedenen Metallen mehr oder weniger tief waren nach folgender Ordnung: Zinn, Blei, Messing, Gold, Stahl, Eisen, Kupfer, Silber. Bei Wismuth und Zink verhielten sie sich ungefähr wie beim Eisen. Er brachte es auch dahin zwei und sogar noch mehre concentrische Kreise zu erhalten, wenn er den Schlag einer Batterie von 38 Quadr. Fuß mit einem Stücke Zinn nahm. Der zweite Kreis befand sich in demselben Abstande vom ersten, wie dieser vom Mittelfleck, und war aus sehr feinen Punkten zusammengesetzt. Fig. 230. zeigt die beiden Kreise. Als er bei dem Versuche eine schmelzbare Legirung anwendete, erhielt er drei concentrische Kreise (Fig. 231.); wobei der äußerste Kreis von dem mittlern nicht genau eben so weit abstand, wie dieser vom Mittelflecke. Als er an die Stelle der Metallplatten ein Stück Kohle brachte, so schien dieses geschmolzen und in kleine Häufchen gesammelt in einem Raume von der gewöhnlichen Größe eines kreisförmigen Fleckes. Mit einem Stück Reißblei erhielt er weder geschmolzene Theile, noch einen kreisförmigen Fleck, aber statt dessen eine gelbe Substanz, wie Schwefel, aus der sich ein widerlicher Geruch entwickelte.

Fusinieri hat bemerkt, daß der die Luft durchfahrende elektrische Funke, wenn er von einem messingenen Conductor ausgeht, Messing im Zustande der Schmelzung und glühende Zinktheilchen mit sich fortführt. Geht er von einer silbernen Kugel aus, so führt er schmelzendes Silber mit sich fort; geht er aber durch eine Kupferplatte hindurch, so wird das Silber durch dieses Metall hindurchgeführt, das es in einer Ausdehnung von mehren Centimetres durchbohrt, wenn der Durchgang von einer Oberfläche zur anderen schief gerichtet ist; ein Theil des Silbers wird dann in der Oeffnung festgehalten, die im Kupfer entstanden ist, während der andere Theil in die Kugel des auf der andern Seite angebrachten Entladers eindringt. Das durch den elektrischen Funken und Schlag fortgeführte Gold verhält sich eben so in Bezug auf eine Silberplatte, die er durchbohrt. Ein Theil des Goldes bleibt im Silber und setzt sich an beiden Oberflächen ab in Gestalt kleiner kreisförmiger Blättchen, die so zart sind, daß sie kurze Zeit nachher verschwinden. Bei diesen Ueberführungen ist die Wirkung gegenseitig, d. h. wenn der Funke z. B. zwischen Silber und Kupfer überspringt, so wird ebensowohl Silber nach dem Kupfer als Kupfer nach dem Silber übergeführt. Fusinieri hat die Bemerkung gemacht, daß die Ueberführung des einen Metalles zum anderen von zwei starken entgegengesetzten Stößen begleitet ist, welche durch das fortgeführte Metall

bewirkt werden, der eine findet an der Stelle statt, wo es sich losgemacht hat, der andere an der Stelle, wo es in das andere Metall eingedrungen ist; die Existenz dieser beiden Stöße sieht man aus dem Vorhandensein zweier entgegengesetzten Hohlungen, welche dasselbe Metall in einem Zustande enthalten, welcher eine Schmelzung anzeigt. Wenn der Funken von einem Metall ausgeht und in die Luft geht, so führt er mit sich eine Anhäufung von Bestandtheilchen (Molekules), deren Mitte im Zustande der Schmelzung sich befindet und deren äußerer Theil Verbrennung erleidet. Nach Fusinieri ist das elektrische Princip mit einer Kraft freiwilliger Ausdehnung begabt, von der man sich Rechenschaft gibt durch die Art und Weise, in der das Messing und das Gold auf einer polirten Silberfläche sich verstreuen. Diese Metalle setzen sich hier als außerordentlich kleine Blättchen ab, die sich endlich verflüchtigen. Schon Priestley hatte derartige Wirkungen beobachtet, eben so wie Ueberführungserscheinungen. Das erste Mal, wo er von einer elektrischen Batterie Gebrauch machte, bemerkte er, daß sich bei jeder Entladung ein schwarzer Staub erhob, der von Metall herrührte, obschon der Metalldraht nicht geschmolzen wurde und die Kette, deren er sich bediente, sehr stark war. Er beobachtete ferner, daß ein Blatt Papier, auf welches er die Kette gelegt hatte, überall mit einem schwarzen Flecke bezeichnet war, wo sie das Papier berührt hatte, und daß die Kette einen kleinen Theil ihres Gewichtes verloren hatte. Um sich von der Wirkung der Zerstreuung recht zu überzeugen, ließ Priestley den Schlag durch ein Stück Kohle gehen; sie wurde in Staub verwandelt, die Pappe, auf der sie gelegen hatte, wurde zerrissen und die Kohle drang in das Innere. Wurde die Kette auf eine Glasplatte gelegt, so setzten sich hier nach dem Schlage Flecke von gefälligem Ansehn ab, an Breite und Farbe den einzelnen Kettengliedern entsprechend. An dem äußeren Theile dieser Flecke konnte das Metall leicht von dem Glase abgehoben werden, während es in dem unteren Theile mit dem Glase zu einem Körper sich vereinigt hatte.

Die chemischen Wirkungen des elektrischen Schlages sind ähnlich denen der galvanischen Elektricität. Folgende ist Wollastons Vorrichtung, um die Zerlegung des Wassers mittelst gemeiner Reibungselektricität zu bewirken. Man bringt in Haarröhrchen, deren Enden an der Lampe erweicht werden, sehr dünne Gold- oder Platindrähte, so daß sich das Metall sehr genau an das Glas anschließt. Mit einem schneidenden Instrument schneidet man denjenigen Theil des Drahtes ab, der aus dem geschmolzenen Ende des Glases hervorragt, so daß man nur noch mit der Lupe einen metallischen Punkt gewahren kann. Statt sehr feiner Gold- oder Platindrähte kann man, wenn man will, mit Silber überzogene Platindrähte nehmen. Nachdem man den vorstehenden Theil abgeschnitten hat, senkt man das Ende in Salpetersäure um das Silber aufzulösen; es bleibt nur eine Spitze von außerordentlicher Feinheit übrig. Zwei dieser Röhren bringt man in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, so daß die Spitzen nahe eine bei der andern stehen. Einer der Drähte wird mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt, während der andere an einen metallischen Leiter befestigt wird, welcher

in geringem Abstande von dem Conductor einer Elektrisirmaschine absteht. So wie die Maschine in Thätigkeit gesetzt wird, entsteht eine Reihe von Funken, welche an den Metallenden im Wasser eine Erzeugung von Gas bewirken, welches unter kleinen umgestürzten mit Wasser gefüllten Gefäßen aufgefangen wird. (Vergl. Galvanismus S. 565.) Fängt man die Gase jedes besonders auf, so findet man, daß das Volumen des einen doppelt so groß als das Volumen des anderen ist, daß das eine die Verbrennung unterhält (Sauerstoffgas) und daß das andere in Berührung mit der Luft detonirt (Wasserstoffgas). Das Wasser ist also vollkommen in seine Bestandtheile zerlegt worden. Obschon aber eine ununterbrochene Gaserzeugung stattfindet, so sind die Blasen doch so klein, daß eine ziemlich lange Zeit erforderlich ist, um eine merkliche Quantität zu erhalten. Wollaston fand, daß die Gasentwicklung um so schneller vor sich ging, je feiner die Spitzen waren, daß in diesem Falle die Wirkung in einen Punkt concentrirt war und daß die Wasserzersetzung mit Spitzen von $\frac{1}{300}$ Zoll Durchmesser bei $\frac{1}{8}$ Z. und mit Spitzen von $\frac{1}{1500}$ Z. Durchmesser bei $\frac{1}{20}$ Z. Abstand der isolirten Kugel (in die der eine Draht befestigt) vom Conductor erfolgte, nach welchem Abstande die Länge der Funken sich bestimmt. Er hat untersucht, bis zu welchem Grade die Stärke des Funkens durch eine entsprechende Verminderung der Drahtenden verringert werden könne, und brachte zu dem Ende eine Goldauflösung von Königswasser in ein Haarröhrchen. Nachdem das Röhrchen erhitzt worden war, um die Säure zu verdampfen, blieb eine außerordentlich dünne Lage Goldes zurück, welche das Innere der Röhre überzog. Nachdem diese letztere bis zur Erweichung erhitzt worden war, bildete sich in der Mitte derselben ein sehr dünner Golddraht, und indem er mit diesem Röhrchen den Versuch anstellte, fand er, daß ein einfacher Elektricitätsstrom eine Reihe sehr kleiner Gasblasen am Ende des Golddrahtes erzeugte, obgleich das andere Ende, durch welches dieser Draht mit dem Conductor der Maschine in Verbindung war, mit diesem in unmittelbarer Berührung stand, und auf dem Wege, den die Elektricität nahm, kein Funke mehr entstand.

Wenn man weniger gute Elektricitätsleiter an die Stelle bringt, so kann man von so feinen Drähten, wie man zur Wasserzersetzung braucht, abgehen, weil die geringere Leitbarkeit die Elektr. eine größere Spannung erlangen läßt, ehe der Funke überspringt. Wenn man Zersetzung der Oele, des Aethers, des Weingeistes u. s. w. bewirken will, so braucht man sie nur in oberwärts verschlossene Röhren einzuschließen, in welche in Spitzen auslaufende Platindrähte mit gewissen Längen eintreten. Man stürzt die Röhren in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß, welches man in geringe Entfernung von einem elektrisirten Körper stellt, um daraus eine ununterbrochene Reihe von Funken zu ziehen. Die Spitze des durch die Röhre gehenden Drahtes muß dem Quecksilber hinreichend nahe gebracht sein, damit die Funken zwischen beiden überspringen können. Man bemerkt alsbald, wie sich die Gase in den oberen Theil erheben. Die Gasblasen, welche man bei den Oelen erhält und im allgemeinen bei schlechtern Leitern, sind sehr dick.

Obgleich diese Art der Zerlegung etwas langwierig ist, so kommt man doch mit einiger Geduld zu Resultaten, welche mit denen der chem. Analyse in Uebereinstimmung sind. Wir wollen einige Beispiele anführen. Der Aether gibt nach einigen Versuchen ölbildendes Gas oder Kohlenwasserstoffgas im Minimum und Sauerstoffgas, die ungefähr in folgendem Verhältniß stehen: Oelbildendes Gas — zwei Maß, Wasserstoffgas — Ein Maß, Sauerstoffgas — ein halb Maß; die beiden letzten geben zusammen Ein Maß Wasserdampf. Die zersetzte Quantität Aether, welche zwei Maß ölbildenden Gases und Einem Maß Wasserdampf entspricht, liefert genau die Antheile Gas, welche Gay-Lussac für die Zusammensetzung dieses Stoffs gefunden hat, d. h. die Gase, welche zwei Maß ölbildendes Gas und Ein Maß Wasserdampf bilden, sind im Aether in Eins verdichtet. Bei denselben Versuchen mit Weingeist erhält man Ein Maß ölbildendes Gas, Ein Maß Wasserstoffgas und ein halb Maß Sauerstoffgas, die zusammen Ein Maß Weingeist geben, dessen Zusammensetzung aus Ein Maß ölbildendes Gas und Ein Maß Wasserdampf in Ein Maß condensirt geschieht. Die Oele geben Kohlenwasserstoffgas (im Maximum), Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in verschiedenen Verhältnissen.

Um die Zerlegung metallischer Auflösungen zu bewirken, senkt man in eine Kupferauflösung zwei Silberdrähte, die so in Siegellack eingehüllt sind, daß nur die äußersten Spitzen frei sind. Wenn man zwischen den Drähten eine Reihe von Funken überspringen läßt, so wird man bald an dem negativen Drahte (der die negat. Elektr. zuleitet) metallisches Kupfer gewahren. Man kann die beiden Drähte mit dem negat. und posit. Conductor einer Elektrisirmaschine verbinden, die zugleich beide Elektricitäten gibt, dann wird die Wirkung etwas schneller vor sich gehen.

Es wurde oben gesagt, daß, wenn man zwei Drähte von nicht oxydirbarem Metall mit feinen Spitzen in Wasser taucht und Funken zwischen ihnen übergehen läßt, an der einen Metallspitze, durch welche die positive Elektr. sich fortpflanzt, Wasserstoffgas, an der andern, durch welche die negat. Elektr. sich fortpflanzt, Sauerstoffgas sich bildet. Dasselbe Resultat erhält man mit einer einzigen Metallspitze, vorausgesetzt, daß die Flüssigkeit mit dem Erdboden in leitender Verbindung steht.

Der elektrische Funke kann mit Vortheil zu Zerlegung der Gase angewendet werden. Man bedient sich hierbei einer an dem einen Ende verschlossenen Glasröhre, in dessen Nähe zwei Metalldrähte befestigt sind, welche in das Innere der Röhre reichen. Man füllt diese Röhre mit Quecksilber und kehrt sie hernach in einem Gefäße mit Quecksilber um. Darauf läßt man das Gas in hinreichender Menge aufsteigen, bis durch dasselbe das Quecksilber bis unter die Metalldrähte herabgedrückt ist, zwischen denen man den elektrischen Funken überspringen läßt. Auf diese Weise hat man bei verschiedenen Gasen folgende Resultate erhalten:

Gase.	Producte der Zerlegung.
Doppelt Kohlenwasserstoffgas...	Kohlenstoff und Wasserstoff. Das Volumen des Wasserstoffs doppelt.
Oelbildendes Gas...............	Kohlenstoff und Wasserstoff. Das Volumen des Wasserstoffs doppelt.
Schwefelwasserstoff............	Schwefel schlägt sich nieder, Wssrstffgas wird frei; das Volumen des Gases bleibt unverändert. In der That, da das Schwefelwasserstoffgas aus zwei Volumen Wass. u. Schwef. in Gasform gebildet wird, indem diese zu Ein Vol. sich condensiren, so kann bei der angegebenen Zerlegung keine Veränderung im Vol. stattfinden.
Ammoniakgas....................	Stickstoff u. Wasserstoff. Das Vol. des Gases wird verdoppelt. Die Analyse gibt 3 Vol. Wass. u. 1 Vol. Stickstoff verbunden in 2 Vol.
Phosphorwasserstoff............	Phosphor schlägt sich nieder, Wasserstoffgas wird frei mit unverändertem Vol.
Kohlensäure....................	Ein Theil verwandelt sich in Kohlenstoffoxydgasu. das Vol. vermehrt sich; die Zerlegung ist nie vollständig.
Salzsäure......................	Wasserstoffgas u. Chlor.
Salpetergas....................	Salpetersäure u. Stickstoff.

Diese Beispiele zeigen hinlänglich, daß die zusammengesetzten Gase mit gehöriger Vorsicht zersetzt und ihre Bestandtheile in Gasform gesammelt werden können, vorausgesetzt, daß sie in Wasser oder Quecksilber nicht auflöslich sind, oder daß die einen nicht auf die anderen reagiren können. Man besitzt also in der Elektr. ein Mittel das Verhältniß der zusammensetzenden Gase zu den zusammengesetzten zu finden.

Der elektr. Schlag kann aber auch die Zusammensetzung, chem. Vereinigung der Gase bewirken. Bringen wir in eine mit Quecksilber gefüllte Glasröhre, die in einem Gefäß mit Quecksilber umgestürzt worden, zwei Vol. Wasserstoffgas und Ein Vol. Sauerstoffgas, so daß baide zusammen ungefähr einen Zoll einnehmen, und lassen wir dann zwischen zwei in die Röhre und in das Gas eintauchenden Drähten einen Funken überspringen, so entzündet sich das Gas mit Explosion und das Quecksilber erhebt sich in den oberen Theil der Röhre, welches dann mit einer dünnen Lage Wasser bedeckt ist, welche durch die Verbrennung des Gasgemenges gebildet worden. Die Wände der Röhre müssen hinlänglich dick sein um bei der Explosion nicht zerschmettert zu werden. Da die Quantität des Wassers in Folge einer Detonation immer sehr klein ist, so kann man um sie merklicher zu machen, den Versuch in folgender Weise anstellen. Man nimmt eine Kugel von dickem Glas, die mit einem Hahne und einem in sie reichenden Drahte versehen ist, der in das Innere tretend in geringem Abstande von der Dille, in welche der Hahn geschraubt ist, endigt. Man macht die Kugel luftleer und bringt sie nachher über einen gleichfalls mit einem Hahne versehenen Recipienten, der ein Gemenge von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in dem zur Wasserbildung erforderlichen Verhältnisse enthält. Werden die Hähne geöffnet, so füllt sich die Kugel mit dem

Gasgemenge. Verschließt man sodann die Hähne und läßt zwischen Draht und Dille im Innern der Kugel einen Funken überspringen, so erfolgt die Detonation des Gases und die Kugel beschlägt sich augenblicklich inwendig mit Wasserdunst. Man öffnet nun den Hahn aufs Neue und läßt wieder Gas aufsteigen und wieder den Funken überschlagen (nach Verschließung der Hähne). Diese Operation kann so oft wiederholt werden, als noch Gas in dem Recipienten ist, es bildet sich bei jedem Schlage mehr Wasserdunst und endlich erhält man sichtbare Wassertropfen, die sich an der innern Wandung der Kugel ansetzen. Bekanntlich ist diese Erscheinung zur Herstellung des Eudiometer (s. d. Art. Sauerstoffgas) benutzt worden, so wie zur Construction der elektrischen Pistole (s. d. Art.). Auch die elektrische und Döbereinersche Lampe (s. d. Art. Feuerzeug S. 433.) sind auf demselben Princip beruhende Erfindungen.

Nicht Wasserstoff und Sauerstoff allein, sondern auch andere Gasarten lassen sich solchergestalt durch den elektr. Funken zur Verbindung disponiren. So bemerkte schon Priestley, daß, wenn man elekt. Funken eine beträchtliche Zeit hindurch durch eine eingeschlossene Masse atmosphärischer Luft gehen läßt, sich ihr Umfang vermindert und hineingebrachte Pflanzenpigmente geröthet werden, zum Zeichen einer gebildeten Säure. Cavendish und Gilpin, welche diesen Versuch mit großer Genauigkeit wiederholten, fanden, daß diese Säure Salpetersäure sei, gebildet auf Kosten des Sauerstoffes und Stickstoffes der atmosphärischen Luft. Wenn man durch ein Gemenge von Wasserstoffgas und atm. Luft elektr. Funken schlagen läßt, so bildet sich außer Wasser und etwas Salpetersäure noch überdieß etwas Ammoniak auf Kosten des Wasserstoffs und Sauerstoffs, welche Umstände bei den eudiometrischen Versuchen Berücksichtigung erfordern. Ueberhaupt werden sich nachstehende Gasgemenge stets entzünden, selbst meist, wenn nur ein einfacher Funken, wie ihn ein Elektrophor zu geben vermag, hindurch geleitet wird. Sind dabei die Gasarten in den beistehenden Maßverhältnissen gemengt, so sind die Producte ihrer Verbrennung, wie die zweite Spalte zeigt; ist hingegen das brennbare Gas oder das Sauerstoffgas im Ueberschuß vorhanden, so bleibt eins von beiden unverändert übrig. Beträgt dieser Ueberschuß sehr viel, so erfolgt sogar gar keine Verbrennung; denn es hat sich ergeben, daß in jedem einzelnen Falle ein bestimmtes Maximum für das brennbare, wie für das Sauerstoffgas stattfindet, bei welchem noch wenigstens eine theilweise Verbrennung erfolgt; überschreitet dieses oder jenes dieses Maximum, so verliert das Gasgemenge seine Fähigkeit, durch den elektr. Funken entzündet zu werden.

Gasgemenge in den untenstehenden Verhältnissen der Volumina angewendet,	liefern nach dem Durchschlagen elektrischer Funken.
5 Vol. atm. L. + 2 Vol. Wasserstoffgas...	Wasser + 4 Vol. Stickstoff.
1 Vol. Wasserst. + 1 Vol. Srst...........	Wasser.
1 Vol. Khlstoffoxydgas + 1 Vol. Srst......	2 Vol. kohlens. Gas.
1 Vol. Khlwasserstoffgas + 2 Vol. Srst.....	Wasser + 1 Vol. Gas.
1 Vol. ölb. Gas + 3 Vol. Srst............	Wasser + 2 Vol. kohls. Gas.

Gasgemenge in den untenstehenden Verhältnissen der Volumina angewendet,	liefern nach dem Durchschlagen elektrischer Funken.
2 Schwefelwasserstoffgas + 3 Sauerstoffgas.	Wasser + 2 schwefligsaures Gas.
4 salzs. Gas + 1 Sxstoffgas........	Wasser + 2 Chlor.
1 Arsenikwasserstoffgas + 2 Sauerstoffgas.	Wasser + arsenige Säure.
4 Ammoniakgas + 3 Sxstoffgas........	Wasser + 2 Stickgas.
1 Blaustoffgas + 2 Sxstoffgas........	2 kohlens. Gas + Stickgas.
2 Schwefelwasserstoffgas + 1 Sauerstoffgas.	Wasser + Schwefel.
1 Chlorgas + 1 Wasserstoffgas........	2 salzs. Gas.
2 Stickgas + 7 Sauerstoffgas........	Salpetersäure.

Besondere Erwähnung verdient noch die Entzündung des Schießpulvers durch den elektrischen Schlag, welche nicht immer, sondern nur unter gewissen Bedingungen stattfindet, über die sich Pfaff wie folgt ausspricht. „Wenn der Verbindungskreis durch unvollkommene Leiter z. B. durch Stücke trockenen Holzes, durch inwendig angefeuchtete Glasröhren u. dergl. unterbrochen wird, so entstehen dadurch anhaltend schneidende Funken oder Büschel, die nicht erschüttern, aber an dem Theile des Leibes, wo sie eindringen, eine höchst widrige Empfindung verursachen. Wolf hat diese Art der Entladung zuerst angewendet, um mit Batterien von wenigen und kleinen Flaschen Schießpulver zu entzünden. Dieses wird in eine kleine fingerhutartige Büchse von Elfenbein oder Buchsbaum geschüttet, in welche seitwärts Drähte geschraubt sind, die in dem Schießpulver etwa eine halbe Linie von einander abstehen, und in den Entladungskreis, von welchem diese Vorrichtung einen Theil ausmacht, wird mittels metallener Häkchen, die sie an beiden Seiten hat und die man am bequemsten durch Korke in ihr befestigt, eine Glasröhre gebracht, deren Wände überall durch ein paar Tropfen Wasser befeuchtet sind. Viele Jahre später sind diese Versuche als ganz neu von den Engländern Leuthweite und Woodwart bekannt gemacht und durch einige neue Erfahrungen vermehrt worden. Das Merkwürdige in diesen Versuchen ist, daß derselbe Schlag einer großen Flasche oder Batterie, wenn dieselbe durch bloß metallene Leiter entladen wird, das Schießpulver blos zerstreut, ohne es zu entzünden. Die von Leuthweite gebrauchte Flasche hatte einen Quadratfuß Belegung, und entlud sich von selbst, wenn das Quadrantenelektrometer auf 90° zeigte. Die angewandte Glasröhre war 6 Zoll lang und hatte 0,3 Zoll Durchmesser. Sie war mit zwei Korkstöpseln geschlossen, durch welche Drähte gingen. a. War die Röhre mit Wasser gefüllt, so entzündete sich das Schießpulver bei 60° Ladung der Flasche, nicht aber bei einer schwächeren. b. Bei der Füllung der Röhre mit Schwefeläther erfolgte die Entzündung nicht eher als bei 60°, bei der Anfüllung mit Alkohol aber schon bei 30°. c. War endlich die Röhre mit Schwefelsäure oder Salzsäure gefüllt, so erfolgte die Entzündung nie, auch wenn die Flasche bis auf 80° geladen war. Woodwart bemerkte, daß eben so wenig Entzündung des Schießpulvers zu bewirken war, wenn die Leitung durch den thierischen Körper ging, oder durch Wasser, das nicht in Röhren eingeschlossen war, und er erklärt sich dieses letztere daraus, daß das Wasser uneingeschlossen in Röhren dem Durch-

gange der Elektr. keinen hinlänglichen Widerstand leiste." Doch haben Schweigger und Pfaff gefunden, daß die Entzündung gleichfalls oft gelinge, wenn die metallische Leitung durch einen angefeuchteten Strick unterbrochen wird.

Wenn der elektrische Schlag einen lebendigen thierischen Körper trifft, so hat derselbe eine eigenthümliche Empfindung und unwillkürliche Zusammenziehung der Muskeln, welche als elektrische Erschütterung bezeichnet wird. Je heftiger der Schlag ist, desto heftiger wird auch diese Empfindung. Man bedient sich, um sie zu vermeiden, bei der Entladung der Flaschen und Batterien des sogenannten Ausladers (s. d. Art.), der mit einem isolirenden Handgriff versehen ist. Dieser letztere ist jedoch überflüssig, sobald der Draht des Ausladers die hinreichende Dicke hat; man kann ihn in diesem Falle ohne weiteres in die Hand nehmen, ohne eine Erschütterung zu erhalten. Die Wirkungen starker elektrischer Schläge können bis zur Lähmung des getroffenen Gliedes, ja bis zur Tödtung gehen. Solche großartige Wirkungen treten namentlich bei dem stärksten elektr. Schlage, dem Blitz auf (s. d. Art.). Kleinere Thiere können schon durch kleine Schläge getödtet werden. So reichte bei Versuchen von Priestley der Schlag von 6 Quadratfuß Belegung hin, eine Ratte, und von 33 bis 38 Quadratfuß, eine Katze zu tödten. Van Marum stellte Versuche über die Wirkung des elektr. Schlages auf die Reizbarkeit des thierischen Körpers mit einer Batterie von 550 Quadratfuß Belegung an, und fand u. a., daß die zählebigsten Aale getödet wurden und jede Spur von Reizbarkeit verloren hatten (die sie in den einzelnen Theilen sonst noch lange nach dem Zerschneiden in einzelne Stücke behalten), wenn ein elektr. Schlag durch ihren ganzen Körper der Länge nach geführt wurde. Ging der Schlag senkrecht durch einen einzelnen Theil, so verlor nur dieser seine Reizbarkeit. Eine ähnliche die Reizbarkeit aufhebende, lähmende Wirkung hat der elektr. Schlag auch auf Pflanzen, wie Versuche von van Marum und Nairne gezeigt haben.

Ueber die medic. Anwendung des elektr. Schlages s. d. Art. Elektricität, so wie über die Eigenschaft, phosphorische Körper leuchtend zu machen den Art. Licht S. 339., und über die Erregung des Magnetismus den Art. Elektromagnetismus.

Den Schall, welcher den elektr. Schlag begleitet, leitet man von der Schnelligkeit ab, mit welcher der Funke die Luft zertheilt. Er nimmt im Allgemeinen mit der Stärke der Ladung zu. Einen verhältnißmäßig sehr starken Schall soll man in folgender Weise erhalten. Man nimmt 4 bis 6 Platten von sehr dünnem Theeblei, am besten 5 Zoll ins Gevierte, schiebt sie in Falze in einem dazu verfertigten hölzernen Troge, die beiden mittelsten in einer Entfernung von 3 bis 5 Zoll, die übrigen 8 bis 10 Linien von einander. Die äußern verbindet man durch sehr feine Bleistreifen, welche man in der Mitte der Platten mit Wachs festklebt; sie müssen so schmal sein, daß die Batterie sie zu zerstieben vermag, die beiden innersten ebenso durch Stahldraht, der so stark sein muß, daß er nur in Kugeln schmilzt. Die Kügelchen des

geschmolzenen Eisendrahts werden rings umher geschleudert und durchbohren die beiden innern Platten gleich Sieben.

Der elektrische Schlag läßt sich auf außerordentliche Weiten fortleiten, ohne merkbaren Zeitverlust. Am besten bemerkt man dieß, wenn man sich selbst zu einem Gliede der Kette macht, an der den Schlag begleitenden Erschütterung. Watson hat in dieser Beziehung interessante Versuche angestellt. Bei diesen wurde die Erschütterung erst über die Themse, dann durch die Windungen eines Flusses, dann durch eine Verbindung von 4 engl. Meilen, nämlich 2 Meilen Draht und 2 M. trockenen Landes, endlich durch eine Strecke Draht von 12276 Fuß ohne allen merklichen Zeitverlust fortgeleitet. Man kann zwei Haufen von Menschen, deren einer am diesseitigen, der andere am jenseitigen Ufer eines Flusses steht, den elektr. Schlag im nämlichen Augenblicke auf folgende Weise mittheilen. Man rammelt zwei Pfähle, jeden an einer Seite des Flusses, in die Erde und spannt einen Eisendraht quer über den Fluß, doch so hoch, daß er das Wasser nicht berührt. Der eine Haufen stellt sich an die eine Seite des Flusses und die Personen halten sich einander an der Hand, so daß sie eine Reihe ausmachen, deren ersterer den Eisendraht festhält, der letzte aber eine Degenklinge in den Fluß steckt. An die andere Seite des Flusses setzt man eine geladene Flasche, deren auswendige Belegung man mit dem über den Fluß gespannten Eisendraht verbindet. Die Menschen auf dieser Seite stellen sich gleichfalls in eine Reihe und der letzte derselben steckt gleichfalls eine Degenklinge in den Fluß. Sowie der erste die Flasche berührt, empfinden alle Personen zu beiden Seiten des Flusses die elektrische Erschütterung, wenn die Flasche hinlänglich stark geladen war.

Schmelzen und Sieden. Der Uebergang der festen Körper in tropfbar flüssigen Zustand wird Schmelzen, der Uebergang tropfbar flüssiger Körper in luftförmig flüssigen Zustand Sieden genannt. In beiden Fällen ist die Wärme das bestimmende Princip, aber nach ihrer verschiedenen natürlichen Beschaffenheit gehen die Körper bei verschiedenen Temperaturen in einen andern Aggregationszustand über. Es ist eben so interessant als wichtig, die Temperaturen des Schmelzens und Siedens für die verschiedenen Körper zu kennen. In folgender Tabelle (nach Baumgartner) sind sie zusammengestellt. W bezeichnet Grade des Wedgewoodschen, D des Danielschen Pyrometers; die übrigen Angaben sind nach Celsius'schen Thermometergraden.

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Alaunlösung 64 Theile Salz 36 Theile Wasser . .	. . .	102°,2
Alkohol: absoluter	. . . . .	78,41
„ 1 Th. Alkohol, 1 Th. Wasser	— 21°	. . . .
„ 2 „ „ 1 „ „	— 23	. . .
„ von 0,801 specifischem Gewichte bei 20° C. muthmaßlich	— 58	. . . .
„ „ 0,798 specifischem Gewichte muthmaßlich	— 79	. . .

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Alkohol: von 0,791 specifischem Gewichte muthmaßlich	— 92°	70°,3
Ameisenäther von 0,7915 bei 18° C.	. . . .	56
Ammoniak, concentrirt	— 50	45
„ oxalsaures 40 Th. Salz, 60 Th. Wasser	. . . .	103,3
„ salzsaures 20 „ „ 80 „ „	— 13,4	113,3
Antimon	512,9	. . . .
	425	. . . .
Antimonöl	. . . .	200
Arsenik	210	. . . .
Arsenikchlorid . . . . unter	— 28,7	. . . .
Arsenikfluorid	. . . .	100
Arsenikwasserstoff	. . . .	— 22,4
Barytlösung, salzsaure, 45 Th. Salz, 55 Th. Wasser	. . . .	104,5
„ salpetersaure, 26,5 Th. Salz, 73,5 Th. Wasser	. . . .	101,1
Benzoeäther	. . . .	209
Bernstein	288	. . . .
Bergamotöl	— 5	. . . .
Bergnaphta	. . . .	106,2
Bittererde, schwefelsaure Lösung, 75,5 Th. Schwefel, 42,5 Th. Wasser	. . . .	105,5
Blausäure, wässerige	. . . .	32,8
Blausäure, wasserfreie	— 13,75	26,2
Blei	334	. . . .
„	227	. . . .
„	322,2	. . . .
„	321	. . . .
„ 0,340 Th. Zinn 0,194 Th. Wismuth . . .	99	. . . .
„ essigsaure Lösung, 41,5 Th. Salz, 58,5 Theile Wasser	. . . .	101,7
„ salpetersaure Lösung, 41,5 Th. Salz, 58,5 Th. Wasser	. . . .	102,2
Blut	— 3,9	. . . .
Blutlaugensalz 55 Th. Salz, 45 Th. Wasser . .	. . . .	103,3
Boraxlösung, 52,5 Th. Salz, 47,5 Th. Wasser . .	. . . .	105,5
Borsäure in Wasser gelöset	. . . .	103,3
Brom	— 18	47,5
Bromantimon	94	270
Bromarsenik	20	. . . .
	25	. . . .
Bromcyan	. . . .	— 15
Bromkohlenstoff	0	. . . .
Bromphosphor . . . . unter	— 12	. . . .
Bromwismuth	200	. . . .
Butter	30	. . . .
Buttersäure. . . . . unter	— 9	. . . .
Cacaobutter	50	20
Campher	175	. . . .
Camphersäure	62,5	. . . .
Cerin	58	. . . .
Cerium . . . . über	170 W	. . . .
Chlor, tropfbares . . . . unter	18,7	. . . .
Chloräther	. . . .	66,73
Doppelchlorcyan	140	190

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Chlorkohlenstoff, fester	160	180
„ tropfbarer	. . . .	71
	. . . .	77
Chlorkohlenwasserstoff	. . . .	66,75
Chlormangan	. . . .	— 15
	. . . .	— 20
Chlorsäure	. . . .	137,5
Chlortitan	. . . .	135
Cinchonin, schwefelsaures über	100	. . . .
Chrom	170 W	. . . .
Colophon	135	. . . .
Columbium über	170 W	. . . .
Conjac	— 48,5	. . . .
Copaivebalsam	. . . .	212
Cyan	. . . .	— 18
Cyanchlorur	— 15	. . . .
Cyanchlorid	140	190
Cyanquecksilberlösung, 35 Th. Salz, 65 Th. Wasser	. . . .	101,1
Delphinsäure unter	9	. . . .
Eisen	138 W	. . . .
	11956	. . . .
„ schwefelsaure Lösung, 64 Th. Salz, 36 Th. Wasser	. . . .	102,2
Emailfarben	6 W	. . . .
Emetine	50	. . . .
Erythrogen	43	50
Essigäther	. . . .	74
Essiggeist, brenzlicher	. . . .	65
Essigsäure	— 30	. . . .
Fenchelöl	10	. . . .
Flußsäure, concentrirte unter	— 40	über 25
Fuselöl aus Kartoffeln unter	— 18	125
Gold	1421	. . . .
	1380	. . . .
	32 W	. . . .
Gußeisen	130 W	. . . .
	1033	. . . .
Hammelstalg	51	. . . .
Helen	42	. . . .
Holzessiggeist	. . . .	81,2
Hydrothionsäure	. . . .	— 17,8
Jamaicin	100	. . . .
Jatrophasäure	— 5	. . . .
Inulin	100	. . . .
Jod	107	180
Jodchlorur	15 — 20	20 — 25
Jodcyan	. . . .	100
Jodkohlenwasserstoff	120	. . . .
Jodwasserstoffsäure	. . . .	128
Iridium über	160 W	. . . .
Kadmiumamalgam	75	. . . .
Kalium	55	. . . .
Kali, ätzendes	. . . .	157,8
„ chlorsaure Lösung, 40 Th. Salz, 60 Th. Wasser	. . . .	103,3
„ saures, jodsaures	. . . .	120

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Kali, schwefelsaure Lösung, 17,5 Th. Salz, 82,5 Th. Wasser	. . . . .	101,7
= unterschwefelsaures	. . . .	105,5
Kalikupfer, schwefelsaures, 40 Th. Salz, 60 Theile Wasser	. . . . .	102,8
Kalinatrum, weinsaures, 90 Th. Salz, 10 Th. Wasser	. . . .	115,6
Kalilauge, concentrirte	. . . . .	175
Kali, oxalsaure Lösung, 40 Th. Salz, 60 Th. Wasser	. . . .	104,5
= salzsaures, 12,5 Th. Salz, 85,5 Th. Wasser	— 3,4	. . . . .
= talgsaures . . . . über	100	175
= weinsaures, 68 Th. Salz, 32 Th. Wasser . .	. . . . .	102,3
Kobalt	{ 130 W 9940	. . . .
Kochsalzlösung: specifisch. Gewicht bei 18°, 8 C 1,006	— 0,6	100,3
— = = = = = 1,012	— 1,2	100,4
— = = = = = 1,018	— 1,8	100,8
— = = = = = 1,024	— 2,5	101
— = = = = = 1,030	— 3,0	101,2
— = = = = = 1,036	— 3,6	101,5
— = = = = = 1,042	— 4,2	101,8
— = = = = = 1,048	— 4,9	102
— = = = = = 1,054	— 5,5	102,2
— = = = = = 1,060	— 6,1	102,5
— = = = = = 1,066	— 6,7	102,7
— = = = = = 1,072	— 7,4	103
— = = = = = 1,078	— 8	103,2
— = = = = = 1,084	— 8,6	103,5
— = = = = = 1,090	— 9,2	103,7
— = = = = = 1,096	— 9,7	104
— = = = = = 1,102	— 10,4	104,2
— = = = = = 1,108	— 11	104,5
— = = = = = 1,114	— 11,6	104,8
— = = = = = 1,120	— 12,2	105
— = = = = = 1,126	— 12,9	105,2
— = = = = = 1,132	— 13,5	105,5
— = = = = = 1,138	— 14,1	105,8
— = = = = = 1,144	— 14,7	106
— = = = = = 1,150	— 15,4	106,2
— = = = = = 1,156	— 15,9	106,5
— = = = = = 1,162	— 16,5	106,7
— = = = = = 1,168	— 17,1	107,1
— = = = = = 1,174	— 17,8	107,3
— = = = = = 1,180	— 18,5	107,5
— = = = = = 1,186	— 19	107,8
— = = = = = 1,192	— 19,6	108,1
— = = = = = 1,198	— 20,2	108,4
— = = = = = 1,204	— 20,8	108,6
Kohlensulphurid . . . . unter	41	. . . . .
Kohlendoppelwasserstoff	6,9	. . . .
— von comprimirtem Oelgas .	— 22,5	. . . . .
— 1 Th. Wasserst. 7,58 Kohlenst.	. . . . .	60
— = = 8,38 =	. . . .	56,56
— = = 7,90 =	. . . . .	71,11
— = = 8,25 =	. . . .	80

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Kohlendoppelwasserstoff 1 Th. Wasserst. 8,76 Kohlenst.	....	87,28
= = = 9,17 =	...	93,33
= = = 8,31 =	....	98,89
= = = 8,48 =	...	104,44
Kohlenwasserstoff, schwefelsaurer	110	260
Kohlenwasserstoffbrand	0	...
Kolsaöl	— 6,25	....
Korksäure	53,7	....
Kupfer	27 W 1207,3 1398	....
= essigsaure Lösung, 16 Th. Salz, 83,5 Theil Wasser	....	101,1
= salpetersaure	....	173,3
= schwefelsaure 41,6 Th. Salz, 58 Th. Wasser	— 2,2	....
Leinöl	— 20	387,5
Macisöl	....	316
Mangan	160 W 12100	....
Manganbromur	....	15 20
Margarinsäure	60	....
Messing	21 W 999 1021	... .
Metallgemisch aus 177 Th. Zinn, 310 Th. Blei	1869 D 3807	....
= d'Arzetsches	93,7	....
Milch	— 18	...
Mohnöl	— 1,1	....
Mohnsäure	125	...
Molybdän	170 W	....
Myricin	62	...
Myrrhenwachs	43	78
Naphtalin	78	210
Naphta von Amiano	....	85,5
Natrium	90	....
Natrum, ätzendes	....	215,5
= essigsaure Lösung, 60 Th. Salz, 40 Theile Wasser	...	124,5
= phosphorsaure Lösung, 60 Th. Salz, 40 Th. Wasser	....	105,5
= kohlensäuerliche Lösung, 60 Th. Salz, 40 Th. Wasser	...	105,5
= schwefelsaure Lösung, 31,5 Th. Salz, 68,5 Th. Wasser	....	100,5
= weinsaure Lösung, 50 Th. Salz, 50 Th. Wasser	— 61	...
Nickel unter	160 W	....
= schwefelsaure Lösung, 65 Salz, 35 Th. Wasser	...	112,8
Odorin über	100	...
Oeläther	....	87,5
Oelgeist	....	54,8
Oelkampfer	0	6,25

Name der Körper.		Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Olivenöl		2,5	. . .
Osmium	über	160 W	. . . .
Oxaläther		. . .	183
		. . . .	184
Oxalsaure Lösung		. . . .	121,1
Palladium	über	160 W	. . . .
Palmöl		29	. . . .
Parillin		125	. . .
Perlsäure		47	143
Perubalsam		. . . .	287
Pfeffermünzöl		— 22	. . . .
Phosphor		43	250
		. . .	265
Phosphorjodid, 8 Th. Jod, 1 Th. Phosphor		100	. . . .
= 16 = = 1 = =		26,2	. . . .
= 24 = = 7 = =		46,2	. . . .
Phosphorsulphurid, 72 Th. Schwef. 100 Th. Phosph.		42,5	. . .
= 13 = = = =		20	. . . .
= 25 = = = =		15	. . . .
= 50 = = = =		12	. . . .
= 200 = = = =		22,5	. . . .
= 300 = = = =		37,5	. . . .
Pineytalg		36,4	. . . .
Platin		170 W	. . . .
		12821	. . .
Quecksilber		— 39,5	348
		. . .	350
		. . . .	346
		. . .	340
Quecksilbersublimatlösung		. . . .	101
Ricinöl		— 18	. . .
Ricinsäure		22	. . . .
Ricin = Talgsäure	über	130	. . . .
Rosenöl		29 — 30	. . . .
Rosmarinöl		. . .	165
Rhodium	über	160 W	. . .
Sabadilsäure		20	. . . .
Salpetersäure vom specifischen Gewichte 1,424		— 53,8	. . . .
= = = = 1,407		— 42,5	. . . .
= = = = 1,3880		— 34,2	. . . .
= = = = 1,2588		— 34,3	. . . .
= = = = 1,3290		— 23,9	. . . .
= = = = 1,54		. . . .	80
		. . . .	79,4
= = = = 1,50		. . . .	98,4
= = = = 1,45		. . . .	115,5
= = = = 1,42		. . . .	120
= = = = 1,40		. . . .	107,5
		. . . .	109,4
= = = = 1,35		. . . .	108,3
= = = = 1,30		. . . .	116,6
= = = = 1,26		. . . .	113,3
= = = = 1,22		. . . .	111,1
= = = = 1,20		. . . .	109,4

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Salpetersäure vom specifischen Gewichte 1,18 . . .	. . .	109,9
" " " " 1,17 . .	. . .	106,1
" " " " 1,16 . . .	. . .	105
" " " " 1,15 . .	. . .	104,4
" " " " 1,14 . . .	. . .	103,9
Salpetersäure, rauchende, vom specif. Gewichte 1,420	. . .	120
Salpetrige Säure vom specifischen Gewichte 1,451	— 28	. . .
Salpeteräther	. . .	22
Salzäther, leichter	. . .	15,6
" schwerer	. . .	107,3
Salzsäure, concentrirte	— 19,2	. . .
" vom specifischen Gewichte 1,166 . . .	. . .	76,7
" " " " 1,154 . . .	. . .	87,8
" " " " 1,144 . . .	. . .	100
" " " " 1,136 . . .	. . .	102,8
" " " " 1,127 . . .	. . .	105,5
" " " " 1,121 . . .	. . .	108,9
" " " " 1,094 . . .	. . .	111,1
" " " " 1,075 . . .	. . .	108 9
" " " " 1,064 . . .	. . .	110,5
" " " " 1,047 . . .	. . .	105,5
" " " " 1,035 . . .	. . .	103,9
" " " " 1,018 . . .	. . .	102,2
" " " " 1,009 . . .	. . .	101,1
Sauerstoffäther	. . .	93,7
Schwefel . . . . über	111	316
Schwefeläther vom specifischen Gewichte 0,713 . .	. . .	34
" von dems. spec. Gew. im leeren Raume	. . .	— 29
Schwefelsäure vom specifisch. Gewichte 1,85 . . .	46,2	326,6
" " " " 1,849 . . .	. . .	318,3
" " " " 1,848 . . .	. . .	310
" " " " 1,847 . . .	. . .	301,7
" " " " 1,845 . . .	. . .	271,1
" " " " 1,842 . . .	. . .	285
" " " " 1,838 . . .	. . .	276,6
" " " " 1,833 . . .	. . .	268,3
" " " " 1,827 . . .	. . .	260,5
" " " " 1,819 . . .	. . .	252,8
" " " " 1,810 . . .	. . .	245
" " " " 1,801 . . .	. . .	237,7
" " " " 1,791 . . .	. . .	230,5
" " " " 1,780 . . .	. . .	224
" " " " 1,769 . . .	. . .	216,6
" " " " 1,757 . . .	. . .	210
" " " " 1,744 . . .	. . .	204,4
" " " " 1,730 . . .	. . .	199,4
" " " " 1,715 . . .	. . .	194,4
" " " " 1,699 . . .	. . .	190
" " " " 1,684 . . .	. . .	186,1
" " " " 1,670 . . .	. . .	182,2
" " " " 1,650 . . .	. . .	176,6
" " " " 1,520 . . .	. . .	143,3
" " " " 1,408 . . .	. . .	126,6
" " " " 1,30 . . .	. . .	115,5

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Schwefelsäure vom specifischen Gewichte 1,20 . .	. . .	106,6
= = = = 1,10 . . .	. . .	103,3
Schwefelblausäure	— 12	102,5
Schwefelchlorophosphür	. . .	125
Schwefeljodid	60	. . .
Schwefelkohlenstoff	. . .	42
Senfölfett	120	. . .
Selen . . . . über	100	. . .
	28 W	. . .
	1033,7	. . .
Silber	1223	. . .
	998,7	. . .
	1223	. . .
Silber mit 1/10 Gold	1048,7	. . .
Silvinsäure	168,7	. . .
Silvinsäurehydrat	100	. . .
Spermacet	61,2	. . .
Solanin . . . . über	100	. . .
Strontian, salpetersaure Lösung, 53 Th. Salz, 47 Th. Wasser	. . .	106,8
Stearin von Baumöl	20	. . .
= = Mohnöl	6	. . .
= = Rüböl	7,5	. . .
Stearinsäure	70	. . .
Stereopten aus Anisöl	20	. . .
= = Terpentinöl	— 7	. . .
= = Rosenöl	34	. . .
Stickstoffoxydul	. . .	über 17,8
Talg	41,9	. . .
Talgsäure	70	. . .
= 1 Th. Säure, 1 Th. Alkohol	45	. . .
Talkerde, schwefelsaure Lösung, 57,5 Th. Salz, 42,5 Th. Wasser	. . .	105
Terpentinöl	— 10	156,8
Tellur	322	. . .
Titan . . . . über	170 W	. . .
Uran	170 W	. . .
Veratrin	50	. . .
Wachs, ungebleichtes	76,2	. . .
= rohes	61,2	. . .
= weißes	68,7	. . .
= aus der Milch des Kuhbaums	60	. . .
Wasser, reines bei 342 p. L. Luftdruck	. . .	. . .
= = = 341 = = ...	. . .	100,495
= = = 340 = = ...	. . .	100,412
= = = 339 = = ...	. . .	100,330
= = = 338 = = ...	. . .	100,248
= = = 337 = = ...	. . .	100,165
= = = 336 = = ...	. . .	100,082
= = = 335 = = ...	. . .	100,00
= = = 334 = = ...	. . .	99,918
= = = 333 = = ...	. . .	99,834
= = = 332 = = ...	. . .	99,750
= = = 331 = = ...	. . .	99,616

Name der Körper.	Temperatur des Schmelzens.	Temperatur des Siedens.
Zinnblei: 5 Theil Zinn, 1 Theil Blei	194	. . .
„ 4 „ „ 1 „ „	189	. . .
„ 3 „ „ 1 „ „	186	. . .
„ 2 „ „ 1 „ „	196	. . .
„ 1 „ „ 1 „ „	241	. . .
„ 1 „ „ 3 „ „	289	. . .

Die Metalle zeigen in Bezug auf ihre Schmelzbarkeit den merkwürdigen Unterschied, daß, während einige eher schmelzen, ehe sie ins Glühen gerathen, bei andern der Schmelzpunkt weit über ihrem Glühpunkte liegt. Einige Substanzen hat man noch nicht für sich in Fluß bringen können, sie werden feuerfeste genannt. Feuerfeste und sehr strengflüssige Körper werden in Verbindung mit einem anderen Körper leicht geschmolzen. Daher pflegt man sich zum Schmelzen schwerflüssiger Substanzen, namentlich der Erze, der sogenannten Schmelzungsmittel, Flüsse, Zuschläge zu bedienen. Hierzu dienen gewöhnlich fixe Laugensalze, Borax, Salpeter, Weinstein und gemeines Küchensalz. Gleiche Theile Salpeter und Weinsteinrahm geben nach dem Verpuffen den ehemals sogenannten weißen Fluß, 2 Th. Weinsteinrahm und 1 Th. Salpeter eben so den schwarzen Fluß. Mit Beaumé's schnellem Fluß, ein angezündetes Gemisch aus 3 Th. Salpeter, 1 Theil Schwefel und 1 Th. Sägespähne, kann man eine kleine Silbermünze in einer Nußschale schmelzen. — Im Schmelzen begriffene Körper behalten, so wie im Sieden begriffene, eine unveränderliche Temperatur bei, indem alle ihnen zugeführte Wärme zur Schmelzung oder zur Umwandlung in Dampf verbraucht (absorbirt, latent gemacht) wird. (Vergl. d. Art. Dampf S. 428.) Bekanntlich sieden die Flüssigkeiten eher, unter je geringerem Druck der Atmosphäre sie stehen, daher eher auf hohen Bergen als in der Ebene, und eher unter dem Recipienten der Luftpumpe als außerhalb desselben. (Vergl. d. Art. Dampf, Höhenmessung, thermometrische, Luftpumpe.)

Schnee, der bekannte atmosphärische Niederschlag, welcher bei niederer Temperatur durch das Gefrieren des in Wasserdunst verwandelten Wasserdampfes entsteht, wobei nicht von einem Gefrieren schon gebildeter Wassertropfen, sondern von einer Zusammenhäufung ursprünglich krystallischer Nadeln, als welche der gefrorene Wasserdunst auftritt, die Rede ist. Wesentliche Bedingungen zum Schneien sind demnach eine mit Wasserdampf hinreichend gesättigte Luftschicht, und eine Temperatur, niedriger, als die ursprüngliche der Luftschicht, und hinreichend, den in ihr enthaltenen Wasserdampf durch die geringere Spannung in Wasserdunst zu verwandeln, und diesen zum Gefrieren zu bringen. Hieraus geht zugleich hervor, daß es weder bei einer sehr tiefen, noch streng genommen, bei einer Temperatur über Null schneien kann. Zwar sieht man bisweilen schneien, während das Thermometer + 4 bis 5°

zeigt, allein dann sind wenigstens die Luftschichten, in denen sich der Schnee unmittelbar bildet, kälter, und der herabfallende Schnee hat nur in dem kurzen Zwischenraum während seines Herabfallens nicht Zeit, sich in Regen zu verwandeln. Etwas dem einigermaßen Verwandtes, wiewohl hier die Ursache eine ganz andere, ist die Erscheinung, daß bei hellem trockenen Wetter, während das Thermometer + 4 bis 5° *zeigt*, der an der Erde liegende Schnee dennoch nicht schmilzt, während bei feuchtem Wetter oft schon eine Temperatur von + 0,5° zum Thauen hinreicht. Die Ursache liegt im erstern Falle in der bedeutenden Verdunstung des Schnees, wobei viel Wärme latent wird (siehe den Art. Wärme) während im letztern Falle der Schnee bei der vollkommenen Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit theils nicht verdunsten kann, theils die Feuchtigkeit aus der Luft leichter aufnimmt und so zum Schmelzen kommt.

Der meiste Schnee fällt bei mäßiger Erhebung über die Meeresfläche unter mittleren Breiten, aus Wolken bei trübem Himmel, und bei einer Temperatur von wenigen Graden unter Null, gewöhnlich, wenn es nach strengerer Kälte etwas gelinder geworden ist. Aus diesen Beobachtungen ist das Vorurtheil entstanden, daß es bei sehr strenger Kälte überhaupt nicht schneien könne, doch kann allgemein nur die Behauptung gelten, daß die kältestenLuftschichten gewöhnlich auch die an Wasserdampf ärmsten sind. L. v. Buch hält eine Temperatur von 4 — 5° unter Null für die mittlere, bei welcher dauernder Schnee fällt, und glaubt, daß es bei — 13° kaum noch schneien könne. Dagegen beobachtete Kämtz in Halle am 15. Jan. 1828 bei — 14°,8, am 20. Jan. 1829 bei — 16°, am 4. Febr. 1830 bei — 17°,8, und am 30. Jan. 1830 bei — 18°,1 Schneefälle. Zwar giebt Scoresby als niedrigste Temperatur, bei der es in den Eismeeren bei Spitzbergen noch eigentlich zu schneien pflege, eine Temperatur — 12°,3 C. an; allein dabei muß man erwägen, daß diese Beobachtungen dort blos während des Sommers angestellt wurden. Ebenso muß auch das lange gehegte Vorurtheil widerlegt werden, daß durch die Bildung des Schnees die zur Expansion des Wasserdampfes dienende Wärme frei werden, und deßhalb die Temperatur steigen müsse. Es wird vielmehr nur dann Schnee aus dem Dampfgehalte der Atmosphäre gebildet, wenn kalte und wärmere Luftschichten sich mengen, und dann die Temperatur der entstandenen Mengung soweit erniedrigt wird, daß der Wasserdampf nicht mehr expandirt bleiben, aber auch nicht als Regen herabfallen kann, wonach nothwendig Schnee gebildet werden muß. In diesen durch Luftschichten von verschiedenen Temperaturen gebildeten Luftströmungen liegt dann auch die Ursache, warum es nach dem Schneien bald kälter bald wärmer werden kann, je nachdem nämlich bald die kältere bald die wärmere Luftschicht die Oberhand behält. Ebenso hängt hiermit die Erscheinung zusammen, die man sehr häufig unter den mittleren Breiten bemerkt, daß nämlich der immer feiner werdende Regen allmählig in Schnee übergeht, welcher anfangs auf der noch wärmeren Erde schmilzt, dann aber sich erhält, und bei zunehmender Kälte liegen bleibt. Dieß geschieht, wie v. Buch zuerst beobachtete, und Dove

bestätigte, vorzüglich dann, wenn der Wind von S. durch W. nach N. übergeht, und das Barometer zu steigen beginnt. Da nämlich die nördlichen kälteren, also auch schwereren Luftmassen in die niederen Regionen strömen, oder in dieselben herabsinken, so nöthigen sie dadurch die südlichen, über sie hinzuströmen, und durch die Vereinigung beider wird dann die Bedingung zur Bildung des Schnees erfüllt. Buch stellte für das Erfolgen des Schnees bei den verschiedenen Windrichtungen aus Beguelins Register folgende Resultate zusammen. Es schneit im Winter unter hundert Malen bei

S.	SW.	W.	NW.	N.	NO.	O.	SO.
5,0.	15,7.	14,7.	21,5.	11,1.	17,5.	7,0.	7,3.

In allen Gegenden Deutschlands, hauptsächlich aber in den nördlichen, sieht man bisweilen bei ganz heiterem Himmel und Windstille, kleine, glänzende Krystallblättchen, seltner Nadeln, aus der Luft herabfallen. Obwohl sicher solche Bildungen auch in den höchsten Regionen der Atmosphäre sich vorfinden, woraus man das Entstehen der Höfe (s. d.) erklärt, so ist es doch wahrscheinlich, daß diese herabfallenden Blättchen aus den untern Regionen der Atmosphäre kommen. Seltner sieht man sie unter den mittleren Breiten, und obgleich sie hier oft an einem Tage mehrmals fallen, bilden sie doch fast nie eine förmliche Decke. Dagegen wird die Erscheinung mit den höhern Breiten immer häufiger, und die Menge des auf diese Weise erzeugten Staubschnees ist oft sehr beträchtlich. So sah ihn Parry bei seinem Winteraufenthalt zu Fort Bowen mehrmals an heiteren Tagen herabfallen, und eine Decke von 4 — 5 Zoll Höhe bilden. Ebenso beschreibt Maupertuis den Schnee in Lappland als einen feinen trocknen Staub, welcher bei 4 — 5 Fuß Höhe das Gehen sehr erschwere. Dabei dringt dieser Staub durch die feinsten Risse in die Häuser, greift die Augen sehr an, und soll nach Middleton eine große Plage des hohen Nordens sein. Oft ist auch mit der Bildung dieses Schnees ein Nebel verbunden, der ebenfalls bis in die Gemächer dringt, und Betten und Personen nach Art des Reifs mit kleinen Eisnadeln bedeckt, wie dieß Bedemar von Kielvig erzählt. Auch im nördlichen Deutschland beobachtete Muncke während des kalten Winters 1788 Aehnliches.

In Deutschland und in den Ländern unter gleicher Breite fällt der Schnee meistens bei ruhiger Luft, oft aber ist das Fallen des Schnees bei vorherrschender Anlage zum Gewitter, namentlich im Februar, mit heftigen Stürmen verbunden. Dann geht der Wind gewöhnlich aus SW. u. W. nach NW. u. N. über, der Himmel hellt sich auf und Frost tritt ein. Nicht selten auch ist das Fallen des Schnees auf hohen Bergen oder überhaupt in gebirgigen Gegenden von heftigen Stürmen begleitet, die, weil sie nur so lange dauern, als der Schnee fällt, vorzugsweise Schneestürme heißen. In höheren Breiten treten diese Schneestürme auch in geringeren Höhen ein. So beobachtete Bedemar zu Röraas in Norwegen einen solchen, der so heftig war, daß Bedemar auf eine Entfernung von 1200 Fuß kaum seine Wohnung finden konnte, ja Gefahr lief, von dem Andrange der Luft zu ersticken. Diese Schneestürme sind ohne Zweifel den Gewittern beizu-

zählen, was noch überdieß daraus hervorgeht, daß plötzlich eintretende starke Schneefälle bisweilen von Blitz und Donner begleitet sind. Dergleichen Schneegewitter sind selten, aber wenn sie eintreten, kurz und heftig, dabei ziehen sie gewöhnlich so tief, daß sie fast jedesmal an auf der Erde befindlichen Gegenständen sich entladen. Für die elektrische Natur solcher Schneestürme spricht auch der Umstand, den man einst zu Lochawe beobachtete, daß nämlich während eines Schneesturms der Schnee und Alles umher einige Minuten leuchtete. Sehr heftig sind die Schneestürme in Kamtschatka, wo sie Purga heißen, und den Reisenden oft in Gefahr bringen, unter dem von den Bergen herabgetriebenen Schnee in den Thälern begraben zu werden; nicht minder gefährlich in den Alpen, wo sie die Wege unkenntlich machen, die sogenannten Schneelehnen aufhäufen, oft Menschen und Lastthiere in Abgründe herabstürzen, oder mit den Lasten des herabrollenden Schnees bedecken.

Die Menge des fallenden Schnees ist nach Jahren und Gegenden sehr verschieden, am gleichmäßigsten auf den Bergen, die innerhalb der sogenannten Schneelinie liegen. Am wenigsten schneit es natürlich in den niederen Breiten, da die Region des Schnees überhaupt erst etwa im mittleren Italien beginnt, und der Anfang derjenigen Region, wo es in der Ebene überhaupt schneiet, in die isothermische Linie von 15° C. gesetzt werden kann. Von hier an nimmt die Menge des Schnees mit den Graden der Breite zu, bis zur Isotherme 5° C., nahe bei Tronthiem, von wo sie wieder abnimmt, weil in den nördlichsten Gegenden die Luft immer kälter, folglich auch immer ärmer an Wasserdampf wird. Von bedeutenden Schneefällen, die man beobachtete, mögen hier nur folgende einen Platz finden:

In Newyork fiel im Jahre 1741 so viel Schnee, daß er die Erde 16 Fuß hoch bedeckte. Nach L. v. Buch erreichte im Winter 1806 auf 7, als es von Weihnachten bis in den April unaufhörlich schneiete, zu Gebostadt in Norwegen der Schnee die beispiellose Höhe von 20 Fuß, zu Lenvig von 12 Fuß, in Bergen aber nicht über 4 Fuß. In Finnmarken, namentlich im nördlichen Theile, fällt der Schnee in sehr bedeutenden Massen; so lag er unter andern im Jahre 1813 am Tage vor Johannis noch 3 Fuß hoch. In Lappland fand Bedemar einst einen Zweig von 1,5 Linien Dicke mit einem Schneekamme von 9 Zoll Höhe bedeckt. Zu Okkak in Grönland lag nach dem Zeugniß der mährischen Missionäre Ende Mai 1791 der Schnee noch 10 Fuß hoch, und an einer Seite der Kirche am 17. Mai noch 20 Fuß. Doch sind dergleichen außerordentliche Schneehöhen oft auch nur Anhäufungen durch den Wind. Sehr merkwürdig ist auch, was Cleaveland einst zu New-Brunswik beobachtete, daß nämlich der vom Winde bewegte Schnee zu Bällen aufgerollt wurde, die auf beträchtliche Strecke fortgetrieben stets ein lockeres Gefüge behielten. Dagegen beruht das eigentliche Ballen des Schnees, welches man fast immer bei Thauwetter bemerkt, nur auf einer größern Ad- und Cohäsion der Schneetheilchen, welche zum Theil ihr Krystallisationswasser schon verloren haben oder verlieren, und deßhalb fester an einander hängen.

Die Wassermenge, welche der Schnee gibt, d. h. das Volumen

Wasser, was man aus einem bestimmten Volumen schmelzenden Schnees erhält, ist natürlich nach der Beschaffenheit des Schnees, vorzüglich nach seiner größeren oder geringeren Dichtigkeit verschieden. So ist zum Beispiel der bei strenger Kälte und Nordostwind gefallene Schnee außerordentlich locker, und gibt sehr wenig Wasser, und da eine solche Beschaffenheit des Schnees rückwärts auf kalte Luftströmungen und Anlage zu kaltem Wetter schließen läßt, so wird dadurch die bekannte Probe einigermaßen gerechtfertiget, nach welcher man einen Schneeball über die Lichtflamme hält, und wenn dieser das geschmolzene Wasser, wegen der Festigkeit der einzelnen Krystalle und doch Lockerheit des Zusammenhangs unter sich, in sich saugt, behauptet, es werde einen strengen Winter geben. Ebenso beruht hierauf das bekannte Sprichwort: Viel Schnee, wenig Wasser — wenig Schnee, viel Wasser. Unter zahlreichen Versuchen über das Verhältniß der Schnee- und Wassermenge verdienen, da sie auf zahlreiche Messungen sich gründen, die Erfahrungen van Swindens wohl den meisten Glauben. Nach ihm verhält sich die Dichtigkeit des Schnees zum Wasser im Minimum wie 1 zu 19, im Maximum wie 1 zu 5,56, woraus ein mittleres Verhältniß wie 1 zu 9,66 also ungefähr wie 1 zu 10 abgeleitet werden kann. In der neuesten Zeit stellte Quetelet Versuche an, um das Verhältniß zwischen der Gestalt und Dichtigkeit des Schnees zu finden, was durch die schon von Scoresby beobachtete Eigenthümlichkeit des Schnees meistens in verschieden gestalteten Flocken vereinigt herabzufallen, sehr erschwert wird. Durch Quetelet's Versuche wurde zwar im Allgemeinen der Satz bestätigt, daß der Schnee bei großer Kälte am lockersten ist, doch kein bestimmtes Gesetz dafür aufgefunden, denn die größte Dichtigkeit von $\frac{1}{2,8}$ fand sich zwar an dem bei $+ 1^\circ,3$ C gefallenen Schnee, allein die geringste von $\frac{1}{18,1}$ bei einer Temperatur von $- 1^\circ,0$ C, während sie bei der tiefsten $- 12^\circ,5$ nur $\frac{1}{8,8}$ betrug. Doch erhält man aus den Resultaten aller dieser Versuche als Mittel für das Verhältniß des Schneevolums zu dem des Wassers $= 9,0658$, was dem vorhin angegebenen ziemlich nahe kommt.

Das Schneewasser ist im Allgemeinen eben so rein, als das Regenwasser, und nur ausnahmsweise kommt es mit fremdartigen Bestandtheilen gemischt vor. Früher hielt man das Schneewasser als besonders günstig der Vegetation, weil man glaubte, es sei mit Salzen vermischt. Als man von dieser Meinung zurückkam, suchte Hassenfratz die fruchtbarkeitsfördernde Beschaffenheit des Schneewassers daraus zu erklären, daß es sauerstoffreicher sei. Allein Carabori hat das Gegentheil bewiesen, was schon daher einleuchtet, daß die Luft bei dem Gefrieren des Wassers aus demselben entweicht. Der Schnee kann daher auf keine andere Weise die Fruchtbarkeit fördern, als indem er im Winter die Pflanzen schützt, und, wenn er im Frühjahr schmilzt, den Boden lange feucht erhält.

Die Farbe des Schnees ist ein bläuliches Weiß, welches das Licht sehr stark reflectirt, daher der Schnee auch in dunkeln Nächten leuchtet. Doch ist die starke Reflexion des Tages- besonders des Sonnenlichtes den Augen schädlich, daher sie im hohen Norden häufig Entzündung der Augen, die sogenannte Schneeblindheit verursacht. Färbungen des Schnees sind nur zufällig, wie beim Regen. Am bekanntesten ist der sogenannte rothe Schnee, von dem, nach der Meinung einiger Naturforscher, schon Plinius reden soll. Doch meint Plinius wohl nur das Uebergehen der Farbe des Schnees, wenn er lange liegt, aus dem Weißen ins schmutzig Röthliche oder Gelbe. Den eigentlich rothen Schnee beobachtete zuerst Saussure in den Alpen, und genauer untersucht wurde er, als Capitän Roß ihn in großer Menge in der Baffinsbay unter 75°,54′ N. B. aufgefunden hatte. Man entdeckte bald, daß die färbende Substanz vegetabilischer Natur sei. Doch war man zweifelhaft, welcher Gattung sie angehöre. Bauer fand, daß die Pflanze unter die Schwämme gehöre, und auf dem Schnee fortwachse; die größten dieser Schwämmchen erreichten einen Durchmesser von $\frac{1}{800}$ Zoll. Er nannte die Pflanze uredo nivalis. Robert Brown dagegen rechnete sie zu den Algen, und erklärte, sie sei der tremella cruenta verwandt. Peschier erklärte die Entstehung der Färbung aus zwei Ursachen, dem Vorhandensein von sehr feinem Eisenoxyd, das vielleicht in den Pflanzen selbst sich finde, und einer feinen harzigen, gelbrothen vegetabilischen Substanz, die er zu den Algen oder Lichenen gerechnet wissen wollte. Parry sah auf seinen Reisen häufig die Gleise, in denen die Schlitten gegangen waren, gelblich oder röthlich gefärbt, auch bemerkten andere Seefahrer auf den schwimmenden Eisbergen roth gefärbten Schnee. Nach Scoresby verdankte dieser Schnee seine Färbung einer Art kleiner Thierchen, die, durch das Mikroskop betrachtet, sehr beweglich, von braunrother Farbe, und länglicht von $\frac{1}{2100}$ u. $\frac{1}{3260}$ Zoll Durchmesser erschienen. Sie färben auch bisweilen ganze Strecken der See, und in einem Tropfen befanden sich wenigstens 12960 derselben.

Die genauesten Untersuchungen über die Gestalt der Schneekrystalle sind ebenfalls von Scoresby. Die große Zahl der Schneegestalten läßt sich auf 5 Arten zurückführen: 1) Krystalle in Form dünner Blättchen, in welcher der Schnee am häufigsten auftritt. Diese zerfallen wieder a) in sternförmige, indem sechs auf beiden Seiten mit feinen Spitzen besetzte Strahlen aus einem gemeinschaftlichen Mittelpunkt auslaufen (Fig. 232.); diese Form zeigt sich am häufigsten, wenn die Temperatur dem Gefrierpunkte sich nähert; b) in regelmäßige Sechsecke, die bei allen Temperaturen auftreten, wiewohl die Dimensionen bei größerer Kälte kleiner werden; einige bestehen aus einem einfachen durchsichtigen Blättchen (Fig. 233.), andere sind innerhalb des Umfanges durch weiße Linien verziert, die wiederum kleine Sechsecke oder andere sehr mannichfaltige, regelmäßige Figuren bilden; ihre Größe erstreckt sich von dem kleinsten sichtbaren Theilchen bis auf ungefähr 0′′,1 Durchmesser; c) Zusammensetzungen der sechsseitigen Figuren zeigen sich in großer Mannichfaltigkeit vorzüglich bei sehr niedrigen Tem-

peraturen (Fig. 234.); d) Verbindungen von sechstheiligen Figuren mit Strahlen oder Zacken und hervorstechenden Winkeln (Fig. 235). 2) Ein flacher oder kugeliger Kern mit ästigen Zacken in verschiedenen Ebenen. Darunter a) solche, die aus einem dünnen Krystalle von einer der oben beschriebenen Arten bestehen, von dessen Grund- und Seitenflächen sich kleine Spitzen erheben, welche mit den Blättchen Winkel von 60° bilden; der Durchmesser dieser Figuren beträgt zuweilen bis $\frac{1}{4}$ Zoll; sie kommen am häufigsten bei einer Temperatur von — 7° bis — 4° vor; b) Figuren mit einem kugeligen Kern, von welchem Strahlen nach allen Richtungen ausgehen. Während bei der ersten Art der Kern aus einem durchsichtigen Krystalle besteht, ist er hier ein rauhes Körperchen. Diese igelartigen Schneeflocken fallen nach Scoresby, wenn die Temperatur dem Gefrierpunkte nahe ist, zuweilen bei etwas niedrigeren Wärmegraden. 3) Feine Spitzen oder sechsseitige Prismen, bisweilen sehr zart und krystallartig, bisweilen weiß und rauh. Bei der feinsten Art, die einem in Stücke von nicht über $\frac{1}{4}$ Zoll zerschnittenem Haare gleichen, ist es schwer, die Gestalt zu bestimmen; die größeren sind prismatisch. 4) Sechsseitige Pyramiden kommen nur selten vor. 5) Spieße oder Prismen, deren eines oder beide Enden in der Mitte eines dünnen Blättchens in Gestalt einer sechsseitigen Scheibe stecken, wurden von Scoresby nur zwei Mal beobachtet.

Uebrigens ist es keinem Zweifel unterworfen, daß die Gestaltung dieser Krystalle kein Werk des Zufalls ist, sondern mit Temperatur, Sättigungszustand, Elektricität der Luft u. s. w. in genauem Verhältnisse steht, daher auch bei ein und demselben Niederschlage die meisten Flocken dieselbe Gestalt haben. Doch sind die Gesetze dieses Verhältnisses bis jetzt noch nicht näher bekannt.

Schraube ist ein mit einer prismatischen Wulst (Gewinde) mehrmal auf eigenthümliche Art (in der Richtung der Schraubenlinie) umwundener Cylinder (Spindel). Die Richtung der Schraubenlinie in der krummen Oberfläche eines Cylinders findet man aber auf folgende Weise. Man denke sich diese Oberfläche abgewickelt und in eine Ebene ausgespannt, so erhält man ein Rechteck, wie Fig. 236. (ABDC) zeigt. In diesem theile man die beiden gleichen einander gegenüberstehenden Seiten, welche die Höhe des Cylinders darstellen, in gleich viele gleiche Theile und ziehe die diagonalen Linien Aa′, ab′, bc′ u. s. f. Legt man sodann die Ebene wieder um den Cylinder, so trifft gewiß a mit a′, b mit b′, c mit c′ u. s. w. zusammen und die diagonalen Linien Aa′, ab′ u. s. w. verbinden sich zu einer doppelt gekrümmten, um den Mantel des Cylinders sich schlingenden Linie: der Schraubenlinie. Jeder Punkt der Schraubenlinie ist nach der angegebenen Entstehung derselben von der Art, daß eine in ihm an die Curve gelegte Tangente denselben Winkel BAa′ mit der (verlängerten) Grundfläche des Cylinders macht. Dieser Winkel ist die Neigung der Schraubenlinie. Denkt man sich in der krummen Oberfläche des Cylinders beliebig viele gerade (mit der Axe parallele) Linien gezogen, so werden diese sämmtlich durch die Schraubenlinie in gleiche Theile zerlegt; jeder dieser Theile

verbindet zwei gegenüberliegende und in der Richtung der Axe gegen einander liegende Punkte der Schraubenlinie und heißt die **Höhe** eines Schraubenganges, während der Schraubengang selbst das Stück der Schraubenlinie ist, welches zwischen zwei auf diese Weise zusammengehörigen Punkten derselben liegt. Ein Körper, welcher so ausgehöhlt ist, daß die in ihm liegende Höhlung eine Schraube vorstellt, heißt eine **Schraubenmutter**, **weibliche Schraube**, und bei der Anwendung gehören stets eine solche Schraubenmutter und eine in Holz, Eisen u. s. w. ausgeführte Schraube zusammen; die letzte heißt dann im Gegensatz zur Schraubenmutter: die **männliche Schraube**. Die prismatische Wulst, welche bei der Schraube in der Richtung der Schraubenlinie um den Cylinder herumgeht, kann entweder mit einem vierseitigen Prisma (wie Fig. 237., mit der Schraubenmutter Fig. 238.) oder einem dreiseitigen Prisma (wie Fig. 239. mit der Schraubenmutter Fig. 240.) gleichen. Beim Gebrauche wird die männliche Schraube in die Schraubenmutter, deren Höhlung ihr genau entsprechen muß, hinein gesteckt, und bei der Drehung entweder der einen oder der andern um die Axe der Schraube wird die Schraubenmutter an der männlichen Schraube emporsteigen oder diese in jene herabsteigen. Oberhalb hat die männliche Schraube einen Ansatz C, welcher der **Kopf** heißt, und an welchem, wenn die Schraube gedreht werden soll, die Kraft angebracht wird. Zu letzterem Zwecke ist entweder ein Einschnitt, oder eine Durchbohrung am Kopfe angebracht, so daß man einen scharfkantigen (Meisel, Messer u. dergl.) oder einen stabartigen Gegenstand einsetzen und mit diesem als mit einem Hebel die Drehung der Schraube bewerkstelligen kann. Zuweilen erhält statt dessen auch der Kopf eine bestimmte eckige Form, und die Drehung wird mit einem Hebel (Schraubenschlüssel) bewerkstelligt, dessen eines Ende ebenmäßig mit der Gestalt des Kopfes ausgeschnitten ist, und über denselben gestülpt werden kann. Wenn die Schraube in die Schraubenmutter, nach der einen Seite gedreht, herabsteigt, wird sie, nach der entgegengesetzten Richtung gedreht, heraufgehen. Schrauben von fester Masse (Eisen), und mit scharfen Kanten dringen von selbst in eine weichere Masse bei der Drehung ein, so daß sie sich eine Schraubenmutter selbst aushöhlen Von dieser Art sind die **Holzschrauben**.

Befindet sich an der Schraube die Last Q, so ruhet solche vermittelst der Schraubengänge lediglich auf der schiefen Ebene der hohlen Gewinde in der Mutter. Aus der Figur 236. geht aber hervor, daß in der Mutter so viel schiefe Ebenen, wie Aaa′, abb′, bcc′ ...., vorhanden sind, als sie hohle Schraubengänge enthält. Besitzt sie daher n Schraubengänge, so enthält sie n schiefe Ebenen, deren Länge so groß ist wie ein Schraubengang, deren Höhe der Höhe des Schraubenganges und deren Grundlinie der Peripherie der Spindel gleich ist.

Wenn das Gewicht Q gegeben ist, welches an einer Schraube hängt, deren Spindel einen Halbmesser = r hat, und deren Neigungswinkel der Gänge = α ist: wie findet man die Kraft P, an den Umfang der Schraube wirkend, welche dem Abgleitungsbestreben der Schraube das Gleichgewicht halten soll? — Erwägt man, daß wenn die Schrau-

benmutter n Schraubengänge enthält, die Last Q sich gleichmäßig auf selbige vertheilt, und also jeder dieser Gänge nun einen Druck, der gleich ist $\frac{1}{n}$ des Gesammtdrucks von Q, zu erleiden haben wird, so wird auch das Abgleitungsbestreben von jedem dieser Gänge nur $\frac{1}{n}$ des Gesammtbestrebens von Q betragen, und die Kraft, welche diesem Bestreben das Gleichgewicht halten soll, wird daher auch nur $\frac{1}{n}$ P zu sein brauchen. Da aber $\frac{1}{n} P : \frac{1}{n} Q = P : Q$, so kann man den Bruch ganz unberücksichtigt lassen, das heißt: es kommt bei der Bestimmung der Kraft P, welche nur dem Abgleitungsbestreben, nicht aber dem Druck auf die Schraubengänge entgegenwirken soll, auf die Anzahl der in der Mutter enthaltenen Gänge gar nicht an. Was dagegen den erwähnten Druck betrifft, so ist die Anzahl der Schraubengänge in der Mutter keineswegs gleichgültig, denn es leuchtet ein, daß bei schweren Lasten wenige Gänge leicht ausbrechen können und nicht so gut den gehörigen Widerstand zu leisten vermögen, als dieses der Fall ist, wenn deren mehre vorhanden sind. Da nun die Kraft P, welche die Schraube zu drehen strebt, und an irgend einem beliebigen Punkt des Umfangs derselben angebracht sein mag, immer nur in den Ebenen der Grundflächen wirkt, also parallel mit den Grundlinien der schiefen Ebenen, die hier durch die Gänge in der Mutter dargestellt werden, so wird, wenn man den Neigungswinkel der Schraubengänge durch α ausdrückt, $P = \text{Tang.}\ \alpha\ .\ Q$ sein*). Es muß jedoch noch angemerkt werden, daß, da die drehende Bewegung der Schraube um ihre Axe geschieht, die Last aber am Umfange der Schraube wirkt, und also um r von der Axe entfernt ist, der Halbmesser r als ein Hebelarm zu betrachten sei, dessen Bewegungspunkt in der Axe liegt, und an dessen Ende das gefundene Abgleitungsbestreben wirkt. Hiernach entsteht also ein Moment der Last, welches gleich ist $r\ .\ \text{Tang.}\ \alpha\ .\ Q$; da aber hier vorausgesetzt worden, daß auch die Kraft P an dem Umfange der Schraube, also an demselben Hebelarm r wirkt, so würde man doch immer ansetzen müssen: $r\ .\ P = r\ .\ \text{Tang.}\ \alpha\ .\ Q$, mithin wieder $P = \text{Tang.}\ \alpha\ .\ Q$. Hieraus folgt, daß die Kraft P am Umfange der Schraube lediglich von dem Winkel α abhängig, und daß es hierbei auf den Durchmesser der Schraube, sowie auf die Anzahl der Gänge in der Mutter durchaus nicht ankommt.

---

*) Es kommt hier nämlich der Fall der schiefen Ebene in Anwendung, wo der Zug parallel der Horizontalebene wirkt, dann verhält sich (vergl. den Art. Ebene S. 13 u. Bd. II. Fig. 5.) $P : Q = AB : BC$, d. h. aber $P = Q\ .\ \frac{AB}{BC} = Q\ \text{Tang.}\ ACB$. — In gegenwärtigem Falle haben Q und P dieselbe Bedeutung wie in der angeführten Stelle und ACB ist der Neigungswinkel α, woraus sich für die Schraube ergibt: $P = \text{Tang.}\ \alpha\ .\ Q$.

Der Angriffspunkt der Kraft aber ist bei der Schraube schon der Unbequemlichkeit wegen niemals unmittelbar an deren Umfang angebracht, sondern es wird gewöhnlich durch deren Kopf eine Stange CD gesteckt, welche zum Angriff bei der vorzunehmenden Drehung der Schraube dient. Hierdurch wird aber zugleich eine bedeutende Ersparung an Kraft herbeigeführt; weil man sich diese Stange als einen Hebelarm vorstellen kann, dessen Bewegungspunkt ebenfalls in der Axe der Schraube liegt, während in E sich die Last und in D die Kraft befindet, und also die Kraft P, in D angebracht, in demselben Verhältniß kleiner sein kann, als soviel mal der Arm CD so groß ist, als der Arm CE. Nimmt man demnach wie vorher den Arm der Last CE = r und setzt den Arm der Kraft CD = R, so wird Gleichgewicht stattfinden, wenn

$$R \cdot P = r \cdot \text{Tang.}\ \alpha \cdot Q \text{ folgl. } P = \frac{r \cdot \text{Tang.}\ a}{R} \cdot Q.$$

Wenn das Gewicht Q gegeben ist, welches an einer Schraube hängt, deren Spindel einen Halbmesser = r hat, und bei der die Höhe der Schraubengänge = h ist: wie findet man mittelst trigonometrischer Rechnung die Kraft P, an dem Hebelarm CD = R wirkend, welche dem Abgleitungsbestreben der Schraube das Gleichgewicht halten soll? —

Da hier statt der Tang. α die Höhe des Schraubenganges, oder der schiefen Ebene gegeben ist, so kann man nach trigonometrischen Grundsätzen ansetzen, daß sich die Grundlinie der schiefen Ebene zu ihrer Höhe h, wie 1 zur Tang. α verhält. Diese Grundlinie ist aber gleich dem Umfang der Spindel, oder = $2r\pi$. Es ist demnach:

$$2r\pi : h = 1 : \text{Tang.}\ \alpha \text{ also Tang.}\ \alpha = \frac{h}{2r\pi}.$$

Substituirt man diesen Werth von Tang. α in die ebengefundene Gleichung für P, so erhält man:

$$P = \frac{r \frac{h}{2r\pi}}{R} \cdot Q = \frac{rh}{2r\pi R} \cdot Q = \frac{h}{2R\pi} \cdot Q.$$

das heißt: man findet die Kraft P, wenn man die Höhe des Schraubenganges durch die Peripherie dividirt, welche den Hebelarm der Kraft zu ihrem Radius hat, und den Quotienten mit der Last multiplicirt.

Vergleicht man die im Vorhergehenden gefundenen beiden Werthe für P mit einander, so findet man, daß nach der erstern Formel, P auch von r, oder dem Hebelarm der Last abhängig, während aus der letztern Formel der Buchstabe r ganz verschwunden ist, und daher P immer denselben Werth beibehält, der Umfang der Schraube mag noch so groß, oder noch so klein sein. Dieser anscheinende Widerspruch wird jedoch sogleich gehoben, wenn man erwägt, daß es bei der letztern Formel, wo h gegeben ist, deshalb nicht auf r ankommen kann, weil bei einer und derselben Höhe h, der Winkel α um ebensoviel größer oder kleiner wird, als der Hebelarm der Last und mit ihr der Umfang der Schraube, oder die Grundlinie der schiefen Ebene kleiner oder grö-

ßer wird. Je größer oder kleiner aber der Winkel α ist, desto größer oder kleiner ist das Abgleitungsbestreben der Last. Um eben so viel also der Arm der Last zu- oder abnimmt, um eben so viel vergrößert sich das Abgleitungsbestreben, und es erwächst daraus für P weder ein Ab- noch ein Zunehmen der Größe. Dagegen bleibt sich in der ersten Formel, wo α gegeben ist, der Winkel α und also auch das Abgleitungsbestreben der Last immer gleich, die Größe r mag groß oder klein sein; deshalb muß die Größe allerdings als Hebelarm der Last von Einfluß sein; denn je größer oder kleiner er ist, um eben so viel größer oder kleiner muß die Kraft P sein.

Um nun hier noch zu zeigen, welche außerordentliche Wirkung man vermittelst der Schraube hervorzubringen vermag, und wie einige Loth Kraft, an dem Hebelarm der Schraube angebracht, im Stande sind, mehren hundert Pfunden das Gleichgewicht zu halten, so mag hier ein Beispiel folgen. Es sei ein Gewicht von 376 ℔ an eine Schraube aufgehängt, deren Schraubengänge $\frac{1}{2}$ Zoll hoch sind. Wenn nun die Kraft an einem fünffüßigen Hebelarm angebracht ist, so fragt es sich, wie groß diese Kraft sein muß, um das Gleichgewicht hervor zu bringen? — Hier braucht man nur in der zweiten Formel für h, R und Q die gegebenen Zahlen gehörig zu substituiren, so erhält man:

$$P = \frac{\frac{1}{2} \cdot 376}{2 \cdot 60 \cdot 3{,}141} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 376}{376{,}920} = \frac{1}{2} \text{ ℔ beinahe.}$$

Es werden demnach hier 376 . 32, oder 12032 Loth von 16 Loth im Gleichgewicht erhalten, welches Verhältniß sich für die Kraft noch günstiger stellt, wenn die Schraubengangshöhe noch mehr verringert und der Hebelarm der Kraft noch mehr vergrößert wird.

Der Gebrauch der Schraube ist höchst mannichfaltig. Hauptsächlich bedient man sich ihrer, entweder um große Lasten auf kleine Höhen zu heben, oder Körper mit einander besonders fest zu verbinden, oder auch zu den verschiedenen Arten von Pressen. Sollen z. B. versunkene hölzerne Häuser, ja selbst Thürme, wieder in die Höhe gerichtet werden, so geschieht dies, indem man ein Paar (Satz) Schrauben mit einander verbindet, über denselben einen Klotz anbringt, in welchen die Muttern geschnitten sind. Bei dem Gebrauche werden die Schrauben gedrehet, und da sich der Klotz mit den Muttern nicht mit drehen kann, so muß er sich langsam in die Höhe begeben, und die auf ihm ruhende Last mit empor heben. Diese Vorkehrung kann übrigens auch eine entgegengesetzte Einrichtung haben. Wenn man nämlich die Mutter befestigt, dieselbe aber doch gedrehet werden kann, so wird die Schraube, wenn sie mit der Last, welche sie heben soll, so in Verbindung stehet, daß sie nicht mit gedrehet werden kann, gezwungen sein, in der Mutter langsam auf- und abzusteigen. (Nach Sachs.)

Die gewöhnlichste Verbindung der Gegenstände mittelst Schrauben ist die, wie bei den Bolzen, welche an einem Ende mit einem breiten Kopf versehen und an deren anderem Ende einige Schraubengänge eingeschnitten sind. Der Bolzen wird durch die Gegenstände, die mit einander verbunden werden sollen, hindurchgesteckt und auf das mit dem

Schraubengewinde versehene Ende die Schraubenmutter aufgesetzt und festgeschraubt, bis beide Gegenstände hinreichend fest an einander gepreßt sind. Man kann auch in den einen Gegenstand die Mutter unbeweglich fest machen und nun durch den andern an jenen zu befestigenden Gegenstand die mit einem Knopf versehene männliche Schraube stecken.

Es ist überflüssig alle Anwendungen der Schrauben in der Mechanik aufzuführen; namentlich werden sie zu Pressen mannigfach angewendet.

Man verbindet die Schraube auch zuweilen mit dem Rad an der Welle, so daß die Schraubengänge in die schräg gestellten Zähne eines Stirnrades eingreifen (Fig. 241.) Diese Vorrichtung führt den Namen der Schraube ohne Ende, weil die Schraube ohne Aufhören in die immer wiederkehrenden Zähne des Rades eingreift, und bei ihr kommen die Vortheile der Schraube mit denen des Rades an der Welle (s. d. Art.) zusammen.

Schwefel, bis jetzt unter die chemisch einfachen brennbaren Stoffe gezählt, ist seit den ältesten Zeiten bekannt. Er kommt in der Natur ziemlich häufig, theils gediegen, theils in Verbindung mit andern Stoffen, vor, am häufigsten im Mineralreich, seltner im Pflanzen- und Thierreich; im Mineralreich am häufigsten in Verbindung mit Metallen, Eisen, Kupfer, Blei, Quecksilber u. a. m., als Kiese und Blenden; außerdem mit Sauerstoff, als schweflichte oder Schwefelsäure frei oder an Basen gebunden; mit Wasserstoff als Hydrothionsäure u. s. w. Merkwürdig ist das häufige Vorkommen des Schwefels in Verbindung mit Wasserstoff in den thierischen Körpern. Der natürliche Schwefel kommt selten ganz rein vor, meist mit erdigen oder metallischen Theilen gemengt; seine Reinigung geschieht im Großen durch Ausschmelzen, Rösten und Destilliren. Der durch Kunst erhaltene Schwefel erscheint gewöhnlich in Stangen von $\frac{1}{2}$, 1 — 2'' Dicke (Stangenschwefel). Für den innern Gebrauch bedarf der Schwefel noch einer zweiten Reinigung, welche durch Sublimation in einem eisernen verschlossenen Kessel, und Leitung des Sublimats in einen kühlen Raum erfolgt, wo sich dasselbe in höchst feinen Krystallen als lockeres Pulver absetzt (Schwefelblumen). Diesem Sublimat hängt jedoch gewöhnlich noch etwas freie Säure an, die man durch Waschen im lauwarmen Wasser so lange, bis dasselbe Lackmus nicht mehr röthet, entfernen muß. Der gereinigte Schwefel wird innerlich in Pulverform gegeben; äußerlich, gewöhnlich mit Fetten gemengt, als Salbe angewendet. — In Dampfform (hier eigentlich mehr als schweflichte Säure) wird er als Dampfbad angewendet. Hierher gehört auch die sogenannte Schwefelmilch, ein feines gelblich grauweißes Pulver, das beim gelinden Erhitzen ein wenig Wasser entwickelt, und sich in gewöhnlichen Schwefel verwandelt. Es ist höchst fein zertheilter Schwefel, dem in der Regel eine geringe Menge Wassers mechanisch aber sehr innig anhängt. Man erhält sie als Niederschlag, wenn man in eine Auflösung von Schwefelleber (5fach Schwefelkalium) in Wasser, verdünnte Schwefelsäure

eintröpfelt. Sie wirkt wegen der höchst feinen Zertheilung noch weit energischer, als die Schwefelblumen.

Der reine Schwefel ist bei mittlerer Temperatur fest, in der Regel fast undurchsichtig, bisweilen durchscheinend bis durchsichtig, von hellgelber Farbe, (beim natürlichen Schwefel wechselnd von Orange bis Grün). Er krystallisirt (besonders aus seiner Auflösung in Schwefelkohlenstoff) in sehr spitzen rhombischen Oktaëdern und ihren Abänderungen. Das specifische Gewicht beträgt 1,99 — 2,00. Er ist sehr spröde und zerbrechlich, knistert beim Erwärmen in der Hand, wobei er öfters in Stücken zerspringt, und stark elektrisch wird, und einen eigenthümlichen Geruch verbreitet. Uebrigens ist er fast geruch- und geschmacklos und wird durch Reiben elektrisch (Nichtleiter der Elektr.). Er schmilzt bei 86 — 87° R. zu einer ölartigen Flüssigkeit; erhitzt man ihn bis auf 160° R., so wird er dickflüssig, zähe und braun; bei noch höherer Temperatur wird er wieder etwas dünnflüssiger, dann beim allmähliegn Erkalten vor dem Erstarren wieder so dünnflüssig, als anfangs. Gießt man ihn dagegen nach längerer starker Erhitzung in Wasser, so bleibt er noch eine Zeit lang weich und lederartig zähe, und dient in dieser Form zu Abdrücken. Hierbei erleidet er keine chemische Veränderung und kehrt nach einigen Tagen in den gewöhnlichen Zustand zurück. Bei 252° R. kocht der Schwefel, verflüchtigt sich als ein orangefarbener Dampf, und läßt sich überdestilliren; beim schnellen Erkalten legt sich dieser Dampf in zarten krystallinischen Theilchen an kalte Körper an. Schwefel ist im Wasser unauflöslich, dagegen löslich in Weingeist, Aether und Oelen.

Das oben erwähnte Dickflüssigwerden des Schwefels bei einer höheren Temperatur als sein Schmelzpunkt scheint mit dem allgemeinen Gesetz der Ausdehnung der Körper durch die Wärme in Widerspruch zu stehen. Daß dieser Widerspruch nur scheinbar, beweisen die neuerdings von Osann angestellten Versuche, obwohl sie das Phänomen überhaupt keineswegs erklären. Zur Erklärung des Phänomens an sich sieht sich Osann zu der Annahme genöthigt, daß die Einfachheit des Schwefels wohl nicht als absolut anzuerkennen sei. Die Versuche selbst bestehen kürzlich in Folgendem:

Es wurde eine an einem Ende verschlossene Glasröhre von 1'' Durchmesser u. 8'' Höhe in einen mit Sand gefüllten Platintiegel gesteckt, so daß die Hälfte davon bedeckt war. In diese wurde Schwefel zum Schmelzen gebracht, und in den flüssigen Schwefel ein zu diesem Versuch eingerichtetes Aräometer eingelassen, und mit dem Erhitzen des Schwefels fortgefahren, bis das Aräometer, welches fortwährend sank, seinen Stand nicht mehr veränderte. Der Schwefel war braun und dickflüssig, und es zeigten sich in ihm Blasen, als Beweis, daß er zu sieden anfing. Es wurde jetzt gemessen, um wie viel der Glascylinder des Aräometers über den Rand der Glasröhre hervorragte. Hierauf wurde die Glasröhre aus dem Sande genommen, und aufrecht zum Erkalten hingestellt. In dem Maße, als er jetzt erkaltete und dünnflüssiger wurde, stieg das Aräometer. Als der geschmolzene Schwefel am Boden der Röhre zu erstarren anfing, wurde der nunmehrige Abstand der Spitze des Aräometers

von dem Rande der Röhre gemessen, und somit das Verhältniß der Dichtigkeiten gefunden. Zwei Versuche gaben folgende Resultate:

1) der Stand des Aräometers über dem äußern Rande der Glasröhre im Zustand des Maximums der Dickflüssigkeit des Schwefels war 2″, 10‴, 5 und nach dem Erkalten 3″, 7‴, 5, Zahlen, welche dem Verhältniß von 27 : 34 entsprechen.

2) Stand des Aräometers vor dem Erkalten 2″, 3‴, und nach dem Erkalten 3″, 1‴, 5, entsprechend einem Verhältnisse von 27 : 37,5.

Den letzten dieser beiden Versuche hält Osann für den gelungneren, und erklärt die Differenz zwischen beiden Versuchen daraus, daß bei der großen Zähigkeit des dickflüssigen Schwefels das Steigen und Fallen des Aräometers bei weitem schwieriger vorgeht, als bei andern Flüssigkeiten.

Aus diesen Versuchen geht nun unläugbar hervor, daß das Dickflüssigwerden des geschmolzenen Schwefels bei erhöhter Temperatur nicht die Folge einer Zusammenziehung des flüssigen Schwefels durch die Wärme sein kann, was auch überdieß noch der Augenschein widerlegt. Denn nimmt man eine an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre, bringt hierein Schwefel und setzt ihn nach dem Schmelzen noch einer erhöheten Temperatur aus, so sieht man deutlich, daß er sich fortwährend ausdehnt, und beim Dickflüssigwerden das Maximum seiner Ausdehnung erreicht. Ebenso gewahrt man ein Zusammenziehen bei dem Erkalten. — Es geht ferner aus diesen Versuchen hervor, daß Zähigkeit und Dichtigkeit einer Flüssigkeit in keinem unmittelbaren Verhältnisse zu einander stehen, wie dieß auch bei anderen Flüssigkeiten leicht nachweisbar ist.

Interessant ist auch das Verfahren Osanns bei dieser Gelegenheit das specif. Gewicht des geschmolzenen Schwefels in diesen zwei Zuständen zu bestimmen. Es wurde nämlich zuerst das Gewicht des Aräometers = 19,27 Granen ausfindig gemacht, hierauf in eine Cubikcentimeterröhre Wasser von 155 Cub. Cent. Volumen gegossen, dann das Aräometer soweit eingelassen, daß sein Stand dem entsprach, welchen es im dickflüssigen Schwefel eingenommen hatte. Hierdurch stieg das Wasser auf 166 Cub. Cent. Als das Aräometer hierauf so weit gehoben wurde, daß sein nunmehriger Stand dem entsprach, den es im dünnflüssigen Schwefel eingenommen hatte, gab es die Wasserhöhe von 165 Cub. Cent. Demnach beträgt das Volumen des durch das Aräometer verdrängten geschmolzenen Schwefels im dickflüssigen Zustande 11, im dünnflüssigen 10 Cub. Cent., und folglich das specifische Gew. des geschmolzenen Schwefels im ersteren Zustande 1,751, im letztern 1,927, welche Angabe wenig von dem spec. Gew. des festen Schwefels zwischen 1,99 — 2,00 abweicht. Dieß ließ sich erwarten, da die Bestimmung für den Moment gilt, bei welchem der Schwefel zu erstarren anfängt. Auch geht daraus hervor, daß beim Erstarren keine sehr beträchtliche Ausdehnung des Schwefels statt findet.

Trotz der beträchtlichen Affinität des Schwefels zum Sauerstoff bleibt er in gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert, und säuert sich, mit Wasser befeuchtet, nur in geringer Menge. Bis auf

234° R. erhitzt, entzündet er sich, brennt mit blauer (in Sauerstoff schön violettrother) Flamme, und verbreitet einen erstickenden Geruch (schweflichte Säure). Die vier Oxydationsstufen des Schwefels sind: die unterschweflichte (hyposulphurische) Säure, die schweflichte Säure (flüchtiger Schwefelgeist), die Unterschwefelsäure u. die Schwefelsäure (Vitriolöl). Die unterschweflichte Säure, auch Schwefeloxyd genannt, wurde 1800 von Vauquelin entdeckt, später von Gay-Lussac genauer erforscht, entsteht vorzüglich beim Auflösen des Schwefels in einem wässrigen Alkali, und beim gelinden Schmelzen eines Alkalis mit Schwefel, bildet mit Basen die unterschweflichtsauren Salze, sämmtlich, ausgenommen den unterschweflichtsauren Baryt, im Wasser löslich. Die schweflichte Säure existirt in wasserleerer Form als ein farbloses Gas von 2,2222 spec. Gew. atmosphär. Luft = 1 genommen. Durch starken Druck und Erkältung läßt sie sich tropfbar flüssig darstellen, und bildet dann eine wasserhelle, sehr bewegliche, äußerst flüchtige Flüssigkeit, die bei — 8° R. kocht, und bei ihrem Verdampfen einen sehr hohen Kältegrad hervorbringt, wobei Quecksilber leicht fest wird, und sie selbst zu einer weißen flockigen Masse erstarrt. Nicht brennbar und nicht verbrennend; Lichter erlöschen und Thiere ersticken alsbald in ihr. Sie verbindet sich gern mit Wasser. Nach de la Rive erhält man festes Hydrat in Krystallen beim Condensiren des nicht völlig trockenen Gases in der Kälte, welches noch bei + 3 bis 4° R. fest bleibt, in höherer Temperatur aber unter Gasentwicklung zerfließt. Unterschwefelsäure ist im wässrigen Zustande eine geruchlose Flüssigkeit von stark saurem Geschmack. Durch gelindes Erhitzen zerfällt sie in schweflichtsaures Gas, welches entweicht und Schwefelsäurehydrat als Rückstand läßt. Die hyposchwefelsauren Salze sind alle in Wasser löslich, und bilden in der Regel ausgezeichnet schöne Krystalle. Schwefelsäure (Vitriolöl, im verdünnten wässrigen Zustande, Vitriolgeist) wird im Großen vorzüglich auf zweierlei Weise bereitet, entweder aus Eisenvitriol, den man bis zur schwachen Röthe calcinirt, und dann in irdenen Retorten bei starker Glühhitze die Schwefelsäure übertreibt, was die rauchende Schwefelsäure (nordhäuser Vitriolöl) gibt; oder durch Verbrennen des Schwefels, den man mit $\frac{1}{8}$ Salpeter mengt, während man beständig Wasserdämpfe und atmosphärische Luft zuleitet, und diese Dämpfe in bleiernen Kammern niederschlagen läßt. Die so erzeugte Säure wird von ihrem überflüssigen Wasser durch Abdampfen in bleiernen (besser Platin-) Kesseln befreit. Dieß gibt die !gemeine, nicht rauchende englische oder französische Schwefelsäure. Die wasserfreie Schwefelsäure erhält man durch gelindes Erhitzen der rauchenden Schwefelsäure in einer gläsernen Retorte, die mit einer trockenen von Eis oder Schnee umgebenen Vorlage versehen ist. Diese wasserfreie Schwefelsäure ist bei niederer Temperatur fest, bildet weiße federartige oder nadelförmige, asbestartige, biegsame Krystalle, oder eine durchsichtige eisartige Masse von 1,97 spec. Gewicht. Schon bei 12° R. schmilzt sie indessen, und verwandelt sich bei etwas höherer Temperatur in einen durchsichtigen Dampf. An der Luft erzeugt sie dicke, weißgraue Nebel, ist höchst ätzend sauer, und

verkohlt schnell organische Substanzen. — Ungemein groß ist die Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Wasser. Die wasserleere Säure zieht mit großer Begierde Wasser aus der Luft an, daher sie an derselben raucht; mit Wasser vermischt, erhitzt sie sich häufig bis zum Sieden, oft mit Explosion und Lichtentwicklung. Dieses bis jetzt noch nicht hinreichend erklärte Phänomen ließe sich vielleicht theils aus der Anziehung, theils aus der rapiden Veränderung der Stellung der einzelnen Bestandtheilchen (Friction) ableiten. Der großen Verwandtschaft dieser Säure zum Wasser bedient man sich auch, um Körper vor der Anziehung des Wassers aus der Luft zu sichern, indem man mit ihnen zugleich ein Schälchen mit Schwefelsäure unter eine Glasglocke bringt. Die rauchende (nordhäuser) Schwefelsäure ist eine Verbindung von wasserfreier, mit mehren Prozenten wasserhaltiger Säure, die wegen ihres Gehalts an wasserfreier Säure ebenfalls an der Luft weiße Nebel ausstößt. Sie ist leicht krystallisirbar, erstarrt schon über 0° R. zu wasserhellen Krystallen, daher sie auch eisartiges Vitriolöl heißt. Spec. Gew. 1,86. In gelinder Hitze läßt sie die wasserfreie Säure fahren, und es bleibt nichtrauchendes Hydrat zurück. Die englische Schwefelsäure ist eine Verbindung von ohngefähr gleichen Theilen wasserfreier Schwefelsäure und Wasser (einfaches Schwefelsäurehydrat). Sie ist wasserhell, dickflüssig wie Oel, geruchlos, aber noch sehr ätzend, und stark sauer, verkohlt gleichfalls die meisten organischen Stoffe. Sie gefriert erst bei — 28° R. und siedet bei 260° R. Sie zieht noch mit Begierde Wasser an, und erhitzt sich sehr stark, noch mehr mit Weingeist, wobei starke Verdichtung eintritt. Setzt man ihr 1 Procent Wasser zu, so erhält man eine Säure von 1,780 spec. Gew., welche, wie die rauchende Säure schon über den Nullpunkt krystallisirt. Vermischt man hingegen 1 Theil concentrirte Säure mit 4 — 5 Theilen Wasser so gibt dieß die verdünnte Schwefelsäure (Vitriolgeist). In diesem verdünnten Zustande ist sie nicht mehr ätzend, und verkohlt die organischen Substanzen nicht mehr. — Mit den Basen bildet die Schwefelsäure die schwefelsauren Salze. Ihre Verwandtschaft zu den Basen übertrifft in der Regel die aller übrigen Säuren, weßhalb sie die meisten Salze zerlegt. Es gibt saure, neutrale und basisch-schwefelsaure Salze. Die Verbindungen der Schwefelsäure mit Erden und schweren Metalloxyden heißen auch **Vitriole** im Allgemeinen. Glüht man sie mit Kohle, so werden bei den metallischen Salzen Schwefelmetalle hergestellt, bei den erdigen entweicht der Schwefel.

Von den Verbindungsstufen des Schwefels mit Wasserstoff, die sich wie Säuren verhalten, sind vorzüglich zwei bekannt: 1) die bei gewöhnlicher Temperatur tropfbar flüssige **hydrothionichte**, und 2) die gasförmige **Hydrothionsäure**. Die von **Scheele** entdeckte **hydrothionichte Säure** (**Wasserstoffschwefel**) ist ein im reinsten Zustande dünnflüssige, gewöhnlich aber etwas dickflüssige, ölartig durchsichtige, gelbe oder gelbbraune, zum Theil sich in's Grünliche ziehende, etwas klebende Flüssigkeit, von widerlichem Geruch nach faulen Eiern, und widerlich brennendem Schwefelgeschmack. Spec. Gewicht nach **Thenard** 1,769. Sie bleicht Lackmus, ist sehr entzündlich und

leicht zersetzbar in der Luft, entwickelt selbst unter Wasser beständig Hydrothionsäure, und es bleibt zuletzt reiner Schwefel zurück. Sehr befördert wird diese Zersetzung durch Wärme, und feste pulverige Körper, die das Wasser anziehen. In Wasser ist die Verbindung wenig, dagegen in Aether leicht löslich, aus welcher Auflösung aber in kurzer Zeit Schwefelkrystalle niederfallen. Sie bildet mit Alkalien und Wasser die Hauptmasse der wässerigen Schwefelleberlösungen, die hydrothionichtsauren Salze. Diese haben je nach ihrer Concentration und Gehalt an Schwefel eine dunkel pomeranzen- hellgelbe Farbe, riechen schwach nach Hydrothionsäure, und schmecken widerlich, scharf und bitter. — Die Hydrothionsäure (Schwefelwasserstoff, Schwefellederluft, hepatische Luft, Schwefelwasserstoffsäure) zuerst von Scheele 1772 genauer untersucht, und als eigene Gasart unterschieden, ist farblos, brennbar, brennt an der Luft entzündet mit blaurother Flamme, wirkt selbst, in Verbindung mit atmosphärischer Luft eingeathmet, lebenswidrig, röthet Lackmus, riecht nach faulen Eiern. Spec. Gew. 1,1805, atmosphär. Luft = 1 genommen, oder 709 mal leichter, als Wasser. Sie läßt sich durch starken Druck und Erkältung tropfbar flüssig darstellen, und gibt dann eine sehr flüchtige u. dünnflüssige Flüssigkeit von 0,9 spec. Gew. Durch Elektricität und Glühhitze in verschlossenen Gefäßen wird sie zerlegt. Die Hydrothionsäure verbindet sich bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich leicht mit Wasser, welches 2 — 3 Volum. Gas aufnimmt. Man erhält diese wässerige Hydrothionsäure, eine Flüssigkeit von dem Geruch des Gases und ekelhaft süßlichem, schweflichem Geschmack, durch Hineinleiten des Gases in kaltes Wasser. Beim Erhitzen entweicht das Gas; auch bildet sich beim Zutritt der Luft Wasser, und Schwefel wird ausgeschieden. Die Verwandtschaft der Hydrothionsäure zu den Alkalien ist sehr gering. Mit Basen bildet die Hydrothionsäure die hydrothionsauren Salze, welche Aehnlichkeit mit den hydrothionichtsauren zeigen, und durch Kochen mit Schwefel in solche verwandelt werden. Beim Zusammenbringen von Hydrothionsäure und hydrothionsauren Salzen mit schweren Metallsalzen werden beide in der Regel zerlegt; es entsteht Wasser und unlösliches Schwefelmetall fällt als Pulver von eigenthümlicher, meist dunkler Farbe nieder. Nur die wässrige Lösung des weißen Arseniks wird durch Hydrothionsäure gelb gefällt, ebenso auch die kadmium- und selensauren Salze; Antimonsalze orangefarben, dagegen Zinkoxyd weiß, alle übrigen dunkelbraun bis schwarz.

In der Arzneikunde verwendet man die Hydrothionsäure zu innerem und äußerem Gebrauche, d. i. zum Trinken und Baden. Die natürlich vorkommenden Schwefelwässer enthalten Hydrothionsäure und Kohlensäure. Nach Döbereiner kann man sie künstlich bereiten: a) zum Trinken, wenn man in einen Krug = 3 ℔ künstliches oder natürliches kohlensaures Wasser 10 — 15 Gran Schwefelkalcium einträgt, die Flasche wohl verschließt, einigemal schüttelt, und an einem kühlen Ort aufbewahrt; b) zum Baden trägt man in eine Wanne, worin 200 — 250 Maß Wasser sich befinden, 4 — 8 Loth Schwefelkalcium und eben so viel gepulverte Kreide, wobei man unter beständigem

Umrühren 6 — 12 Loth englische vorher mit Wasser verdünnte Schwefelsäure zusetzt. —

Verbindungen des Schwefels mit Stickstoff sind das hydrothionsaure und hydrothionichtsaure Ammoniak; ersteres eine farblose Flüssigkeit von durchdringendem unangenehmem Geruch nach Hydrothionsäure und Ammoniak, die an der Luft raucht, der Luft ausgesetzt, schnell gelb wird, und nach und nach Schwefel absetzt; letzteres eine dunkel orangefarbene Flüssigkeit von öliger Consistenz, ebenfalls widerlich nach Hydrothionsäure riechend, jedoch nicht so stark, wie die vorige. Ferner schwefelsaures Ammoniak (Glaubers geheimer Salmiak, im 17. Jahrhundert von Glauber entdeckt und als Arzneimittel eingeführt, jetzt kaum mehr gebraucht, sich natürlich vorfindend als Mascagnin) und Schwefelblausäure. Ueber Schwefelkohlenstoff (Schwefelalkohol) siehe den Artikel Kohlenstoff. Auch mit Chlor, Brom und Jod geht der Schwefel Verbindungen ein. Chlorschwefel, in Weingeist aufgelöst, wurde neuerlich von Dercsenyi als Arzneimittel vorgeschlagen. Jodschwefel ist nach Biett ein vorzügliches Mittel gegen hartnäckige Hautausschläge, Lepra, Tartarus, Psoriasis u. s. w. Mit den Metallen verbindet sich der Schwefel beim Erhitzen oft unter Lichtentwicklung zu Schwefelmetall. Schwefelmetalle bilden sich ferner beim Erhitzen eines Metalloxydes mit Schwefel, bei der Reduction schwefelsaurer Salze u. s. w. Es sind meist feste, zum Theil metallisch glänzende, oft mannichfach gefärbte, häufig krystallisirbare Körper. Die leichten Metalle bilden mit Schwefel im Wasser lösliche, die schweren unlösliche Verbindungen. Diese Verbindungen verwittern zum Theil an der Luft, u. oxydiren an der Luft beim Erhitzen, indem sie entweder schweflichtsaures Gas entwickeln, oder zu schwefelsauren Salzen verbrennen.

Schwere ist das allen irdischen Körpern eigenthümliche Bestreben, dem Mittelpunkte der Erde sich zu nähern. Die Schwere herrscht überall, so weit unsere Erfahrung reicht, ebensowohl in den höchsten Höhen wie in den tiefsten Tiefen, im fernsten Süden und im entlegensten Norden, wohin Menschen gedrungen sind. Sie ist die bekannte Ursache des Falles (s. d. Art.), außerdem aber auch vieler anderen von diesen scheinbar sehr verschiedener Erscheinungen. Hierher gehören z. B. die Bewegungen der Flüssigkeiten, welche sich aus Gefäßen ergießen, die Bewegung und Richtung der Flüsse, das Erheben leichter Körper vom Grunde des Wassers und das Aufsteigen noch leichterer Substanzen in die Höhe der atmosphärischen Luft. Da der freie Fall der Körper allein von der Schwere bedingt wird, so wird die Falllinie auch die Richtung der Schwere genannt, welche man bekanntlich findet, wenn man das eine Ende eines Fadens an einen gewichtigen Körper z. B. ein Stück Blei und das andere Ende desselben an einen unbeweglichen Punkt befestigt; die Richtung des Fadens wird dann allein von dem Körper, welcher zu fallen strebt, bestimmt, und gibt die Richtung der Schwere an. Statt des eben beschriebenen Lothes kann man sich auch eines Pendels (s. d. Art.) bedienen. Die Richtung der Schwere heißt lothrecht, senkrecht, perpendiculär.

Stellen wir uns die Erde als eine Kugel vor, und nehmen wir an, daß über ihrer Oberfläche an mehren Punkten Pendel aufgehängt wären, so werden diese sämmtlich nach dem Mittelpunkte der Erde gerichtet sein und folglich mit den verlängerten Radien der Erdkugel zusammenfallen. Da nun für jeden Punkt einer Kugel eine berührende Ebene die Eigenthümlichkeit hat, daß sie auf dem nach demselben Punkt der Kugel gezogenen Radius senkrecht steht, so folgt, daß für jeden Punkt der Erdkugel die Richtung der Schwere senkrecht auf die Berührungsebene an diesem Punkt steht, diese Ebene ist aber die Horizontalebene (s. d. Art. Horizont). Die vielen Unebenheiten auf der Oberfläche der Erde sind in der Voraussetzung, daß die Erde eine Kugel sei, vernachlässigt, und daher kommt es, daß die Fläche des Beobachtungsortes oft sehr bedeutend gegen die Richtung der Schwere in demselben geneigt ist, man hat aber nur nöthig, die Horizontalebene (z. B. durch ein aufgestelltes Niveau) zu bestimmen, um sich an jedem Orte zu überzeugen, daß die Richtung der Schwere senkrecht auf der Horizontalebene des Ortes steht. Da auf der Erde wegen der kugelartigen Gestalt derselben jeder Ort eine andere Horizontalebene hat, so folgt schon hieraus und überdieß aus dem Umstand, daß die Richtung der Schwere jedes Ortes mit der Richtung des Radius an denselben Ort zusammenfällt, daß die Perpendikel der verschiedenen Orte der Erde nicht parallel unter einander sind. Stellt z. B. ABPDX (Fig. 242.) den Durchschnitt der Erde vor, welchen der Meridian von Paris bezeichnet, u. ist AX die Rotationsaxe, so trifft es sich wegen der verschiedenen Breiten, daß sich Paris in P, seine Horizontale in der Richtung PH und sein Loth in der Richtung PC befindet, daß Dünkirchen in D, 2° 11′ 56″ nördlicher, sich befindet, seine Horizontalebene in DH′ und sein Loth in der Richtung DC hat; Barcellona endlich ist in B, 7° 28′ 29″ südlicher, hat seine Horizontale in BH′, und sein Loth in BC. Ein Beobachter, der sich in hinreichender Entfernung von der Erde befände, um zugleich das Loth von Paris und das von Barcellona zu sehen, würde bemerken, daß beide in einem Winkel von 7° 28′ 29″ gegen einander geneigt wären, und würde hieraus schließen, daß sie nach dem Mittelpunkte der Erde zu convergiren. Stellt man Beobachtungen in einer kleinen Ausdehnung an, z. B. in einem Zimmer oder auch selbst an verschiedenen Orten in einer großen Stadt, so scheinen die Richtungen der Schwere durchaus parallel, weil der Mittelpunkt der Erde, nach dem sie hin gehen, so weit entfernt ist, daß so geringe Abstände, wie sie bei diesen Beobachtungen vorkommen können, gegen den Erdhalbmesser verschwindend kleine Größen sind, also die Winkel, welche die Richtungen der Schwere bei derselben machen, ebenfalls zu gering sind, um merklich zu sein. Bei größeren Entfernungen kann man den Winkel, welchen die Lothe in zwei auf demselben Meridiane liegenden Orten machen, und welcher stets dem zwischen beiden Orten liegenden Bogen des Meridians gleich ist, mit Hilfe von Sternbeobachtungen bestimmen, wie im Art. Erde S. 269. gezeigt ist.

Aus den Beobachtungen über den freien Fall der Körper (s. d. Art.) geht hervor, daß die verschiedensten Substanzen in gleichen

Zeiten um gleiche Weiten, d. h. durchaus mit derselben Geschwindigkeit fallen, und hieraus folgt, daß die Schwere eine Kraft ist, welche gegen alle Substanzen durchaus gleichmäßig wirkt, so daß sie durchaus nur mit der Materialität überhaupt zusammenhängt, nicht aber irgend wie von der natürlichen Beschaffenheit des einzelnen Stoffes abhängt. Da die ganze Erde eine Zusammensetzung materieller Theilchen ist, so ist die Schwere nichts anderes, als die Anziehung dieser materiellen Theilchen gegen einander. Jeder einzelne Körper auf der Erde besteht aus einer unendlich kleinen Anzahl materieller Theilchen gegen die Gesammtheit aller materiellen Theilchen, welche die gesammte Erde ausmachen und es liegt in der Gestalt der Erde, daß sich die Gesammtwirkung aller materiellen Theilchen so äußert, als ob die gesammte Anziehungskraft derselben im Mittelpunkte concentrirt wäre. Wenn die Erde wirklich eine Kugel wäre, so würde dieß mit Genauigkeit von ihrem Mittelpunkte gelten; aber da sie eine abgeplattete Gestalt hat (s. d. Art. Erde), so schneiden sich die Richtungen der Schwere nicht genau im Mittelpunkte, sondern nur in der Nähe desselben. Der Beweis, daß die Kraft, welche in der Schwere sich äußert, durch die Menge der materiellen Theilchen bedingt wird, liegt darin, daß, wenn in der Nähe eines Lothes eine große, zur Erdmasse in einigen Betracht kommende Masse sich befindet, z. B. ein Berg, durch diesen das Loth etwas aus derjenigen Richtung abgelenkt wird, die es haben würde, wenn der Berg nicht vorhanden wäre. (S. d. Art. Anziehung.)

Jeder schwere Körper, wie groß oder klein er auch sein mag, kann vorgestellt werden als Vereinigung einer unendlichen Anzahl materieller Theilchen (Punkte, Körperelemente), deren jedes von der Schwere sollicitirt wird. Alle diese Kräfte, obschon in unzähliger Anzahl vorhanden, würden sich in Hinsicht auf ihre Gesammtwirksamkeit durch eine einzige, in einem gewissen Punkte angebrachte Kraft ersetzen lassen. Diese Kraft, die Resultante (s. d. Art.) aller Wirkungen der Schwere, ist das Gewicht (s. d. Art.) eines Körpers, und der Punkt, in dem sie angebracht werden muß, ist der Schwerpunkt. Es ist von großer Wichtigkeit, das Gewicht und den Schwerpunkt der Körper bestimmen zu können, weil man dann das Gewicht, welches eine einzige Kraft ist, an die Stelle aller elementären Kräfte, welche auf einen Körper wirken, setzen kann, und ebenso den Einen Schwerpunkt an die Stelle aller den Körper bildenden unzähligen Punkte, und weil man auf diese Weise eine schwere Masse, von welcher Größe und Gestalt sie auch sein mag, als einen einzigen, durch eine einzige Kraft sollicitirten, Punkt betrachten kann.

In einem schweren Körper, der nicht von einer mehre hundert Fuß übersteigenden Ausdehnung ist, können die Wirkungen, welche die Schwere auf jeden Punkt desselben ausübt, als parallel unter einander angenommen werden, weil die Richtungen, nach denen die Schwere wirkt, alle gegen den Mittelpunkt der Erde zugehen, und alle gleich sind, indem die Körpertheilchen im leeren Raume alle mit derselben Geschwindigkeit fallen; mithin ist der Schwerpunkt nichts anderes, als ein Centrum paralleler und gleicher Kräfte. Hieraus folgt eine charakteri-

stische Eigenthümlichkeit des Schwerpunktes, nämlich daß er unbeweglich ist im Inneren fester Körper und seine Stelle niemals ändert, in welche Lage man auch die Körper in Bezug auf ihre Schwere bringt. Ist z. B. der Punkt G (Fig. 243.) der Schwerpunkt des Körpers ABC, wenn der Punkt C oben ist, so ist er auch noch die Stelle des Schwerpunktes, wenn sich der Punkt C unten befindet, oder in jeder anderen Stellung, die man diesem Punkte geben kann; denn der Punkt, in welchem die Resultante der parallelen Kräfte anzubringen, ist unabhängig von der Richtung dieser Kräfte. Damit ein schwerer Körper im Gleichgewicht sei, ist nur Eine wesentliche Bedingung zu erfüllen, nämlich der Schwerpunkt muß unterstützt sein. Ist mithin der Schwerpunkt selbst ein befestigter Punkt, so wird man den Körper nach allen möglichen Richtungen wenden können; er wird immer in Ruhe bleiben, weil er immer im Gleichgewicht ist. Man kann den Versuch mit einer Rolle von gleichmäßiger Masse machen, durch deren Mittelpunkt eine horizontale Axe geht, um die sie gedreht werden kann. Wenn ein Körper in einem festen Punkte unterstützt ist, welcher nicht sein Schwerpunkt ist, so ist das Gleichgewicht auch noch möglich, aber es findet nur noch in zwei Stellungen statt, nämlich wenn der Schwerpunkt sich in der durch den festen Punkt gehenden lothrechten Linie (senkrecht auf der Horizontalebene) befindet, es sei nun über oder unter diesem Punkte. Man kann den Versuch mit einer Rolle anstellen, deren horizontale Axe nicht durch den Mittelpunkt geht. Aus dieser Betrachtung ergibt sich ein Mittel, den Schwerpunkt eines Körpers durch den Versuch zu finden. Man befestigt ihn mit einem Faden an irgend einem Punkte C seiner Oberfläche (Fig. 244.), hängt ihn auf, und bemerkt, nachdem er zur Ruhe gekommen, mit möglichster Genauigkeit den Punkt m, wo die Verlängerung des Fadens die äußere Oberfläche durchdringen würde; dann befindet sich der Schwerpunkt nothwendig in der Linie Cm. Darauf wiederholt man den Versuch, indem man den Körper im Punkte A befestigt und den in diesem Falle entsprechenden Punkt m′ bemerkt, dann muß sich der Schwerpunkt auch in der Linie Am′ befinden. Der Schwerpunkt, welcher sich in jeder der beiden Linien Cm und Am′ befindet, liegt nothwendig im Durchschnittspunkte beider. Bei Körpern von gleichvertheilter Masse und regelmäßiger Gestalt bestimmt man den Schwerpunkt durch geometrische Betrachtungen. Bei der geraden Linie ist der Schwerpunkt offenbar in der Mitte ihrer Länge. Der Schwerpunkt des Cylinders mit parallelen Grundflächen befindet sich in der Axe, weil diese eine Linie ist, um welche alles symmetrisch ist; er befindet sich ferner in dem Schnitt, welcher parallel mit den Grundflächen durch die Mitte des Cylinders geht, und ihn in zwei gleiche Hälften zerlegt; er liegt folglich in der Mitte der Axe. Eben daselbst liegt er auch bei einem hohlen Cylinder. Das Parallelogramm hat seinen Schwerp. im Durchschnittspunkte beider Diagonalen, denn jede Diagonale zerlegt das Parallelogramm in zwei gleiche Theile. Dasselbe gilt auch vom ausgeschnittenen Parallelogramm, wie ein Rahmen. Bei dem Kreise fällt der Schwerp. mit dem Mittelpunkte zusammen, ebenda hat auch der Ring zwischen zwei concentri-

schen Kreisen seinen Schwerpunkt. Um den Schwerp. des **Dreiecks** zu finden, ziehe man die Linien Am und Bm′ (Fig. 245.) von zwei Winkelpunkten des Dreiecks nach der Mitte der gegenüberstehenden Seiten; so ist erstens durch Am das Dreieck in zwei gleiche Hälften zerlegt (von gleichen Grundlinien und gleicher Höhe, BAm = mAC), mithin muß der Schwerp. in Am liegen, ebenso ist aber auch durch Bm′ das Dreieck in zwei gleiche Hälften getheilt (von gleichen Grundlinien und gleicher Höhe, ABm′ = m′BC), folglich liegt der Schwerpunkt in Bm′, er liegt also in Am und Bm′, d. h. in dem Durchschnittspunkte G. Verbindet man m mit m′, so ist mm′ parallel AB, folglich Dreieck mGm′ ähnlich Dreieck ABG und es verhält sich AG : Gm = AB : mm′ = BC : mC = 2 : 1; d. h. der Schwerpunkt eines Dreiecks wird gefunden, wenn man die Linie von einem Winkelpunkte des Dreiecks nach der gegenüberstehenden Seite in drei gleiche Theile zerlegt; er befindet sich dann im Endpunkte des ersten Drittheils von der Seite aus. Um den Schwerp. eines **Vielecks** zu finden, zerlegt man es in Dreiecke (Fig. 246.), sucht die Schwerpunkte dieser Dreiecke, betrachtet die gegen dieselben wirkenden Kräfte als proportional mit ihren Oberflächen, und sucht die Resultante dieser Kräfte: so ist der Punkt, in dem diese Resultante angebracht wird, der Schwerp. des Vielecks. Bei der dreieckigen Pyramide liegt der Schwerpunkt gewiß in der Linie, welche den Schwerp. der Grundfläche mit der Spitze der Pyramide verbindet, und zwar gilt dieß für jede solche Linie, welche Fläche der Pyramide man auch als Grundfläche annehmen mag, d. h. der Schwerp. liegt da, wo jene Linien sich schneiden. Dieser Durchschnittspunkt liegt, wie sich leicht nachweisen läßt, bei $\frac{3}{4}$ der Länge jeder der angegebenen Linien von der Spitze. Eine jede Pyramide läßt sich in dreieckige Pyramiden zerlegen und man kommt zu dieser Folgerung: daß in allen Fällen der Schwerp. einer Pyramide sich auf der Linie befindet, welche ihre Spitze mit dem Schwerpunkte ihrer Grundfläche verbindet, und daß derselbe sich in $\frac{3}{4}$ dieser Linie von der Spitze ausgegangen, befindet. Das **Polyeder** zerlegt man in Pyramiden, wie das Polygon in Dreiecke. Der **Kegel** verhält sich wie eine Pyramide. Der Schwerpunkt der **Kugel** fällt mit dem Mittelpunkte zusammen, ebenso der Schwerp. einer Kugeloberfläche und der Lage zwischen zwei concentrischen Kugelflächen.

Die Bedingung des Gleichgewichts eines schweren Körpers ist, daß sein Schwerpunkt unterstützt sei; aber diese Bedingung wird auf verschiedene Weise erfüllt; je nachdem der Körper in festen Punkten aufgehängt oder auf Unterlagen gelegt ist. Wenn die Nadel MC (Fig. 247.) sich frei um ihre Axe auf dem verticalen Zifferblatte MTSN bewegen könnte, so müßte ihr Schwerpunkt G, damit er unterstützt wäre, sich in der durch die Axe gehenden verticalen Ebene befinden. Dieses kann nur auf zwei Arten stattfinden, entweder unterhalb der Axe in G′ oder oberhalb derselben in G; welches die beiden Stellungen des Gleichgewichts sind. In dem ersten Falle heißt das Gleichgewicht **stabil** (beständig), weil, wenn man die Nadel nach der einen oder der anderen Seite aus ihrer Lage bringt, sie nach derselben wieder

zurückstrebt und sie endlich wieder einnimmt. Dagegen heißt im zweiten Falle das Gleichgewicht labil (instabil, schwankend), weil die Nadel, auch noch so wenig aus ihrer Lage gebracht, umkippen und nicht wieder in dieselbe Stellung zurückkehren wird. Diese Erscheinung ist allgemein: es findet stets stabiles Gleichgewicht statt, wenn der Schwerpunkt unter, und labiles Gleichgewicht, wenn er über der Axe ist. Zwischen diesen beiden Stellungen gibt es keine mögliche Gleichgewichtsstellung. Ein auf eine horizontale Ebene gestellter Körper, welcher dieselbe nur in Einem Punkte berührt, kann auch verschiedene Gleichgewichtsstellungen annehmen, von denen die einen stabil, die anderen labil sind, wie in dem eben angeführten Beispiele; und endlich gibt es andere indifferente (gleichgültige) Stellungen, aus denen man den Körper entfernen kann, ohne daß weder er ein Streben zeigt, zurückzugehn, noch sich weiter zu entfernen; er verharrt in der Stellung, welche man ihm gibt. Wenn man vom Schwerpunkte eines Körpers nach allen Punkten seiner Oberfläche gerade Linien zieht, so ist die größte Anzahl der so erhaltenen Radien an ihrem Ende schief gegen diese Oberfläche; aber es gibt stets eine gewisse Anzahl, welche senkrecht gegen dieselbe sind, wie auch die äußere Gestalt des Körpers beschaffen sein mag. Unter allen diesen Radien ist einer der größte von allen (absolutes Maximum) und ein anderer der kleinste unter allen (absolutes Minimum), und noch andere gibt es, welche in Bezug auf die ihm zunächst liegenden Radien kleinste oder größte sind. Es ist nun klar, daß wenn der Körper die Horizontalebene mit dem Ende eines der auf seiner Oberfläche senkrechten Radien berührt, — daß dann der Schwerpunkt senkrecht über dem Berührungspunkte liegt, und mithin Gleichgewicht stattfindet. Berührt dagegen der Körper die Horizontalebene mit dem Endpunkte eines schief gegen die Oberfläche gerichteten Radius, so ist der Schwerp. nicht unterstützt, weil er nicht senkrecht über dem Berührungspunkte liegt. Wenn der senkrechte Radius des Berührungspunktes weder ein Maximum noch ein Minimum ist, sondern nur den ihm benachbarten Radien gleich ist, so ist das Gleichgewicht weder stabil noch instabil, sondern indifferent. Dieß findet z. B. statt, wenn eine homogene Kugel auf einer horizontalen Ebene liegt; sie ist in allen möglichen Stellungen im Gleichgewicht, und folglich im indifferenten Gleichgewicht. Wenn der senkrechte Radius des Berührungspunktes ein Maximum ist, so ist das Gleichgewicht labil, wie dieses bei einem auf seine Spitze gestellten Ei, oder bei einem auf das Ende seiner großen Axe gestellten Ellipsoid der Fall ist. Wenn der senkrechte Strahl des Berührungspunktes ein absolutes Minimum ist, so ist das Gleichgewicht stabil und zwar in größtmöglicher Stabilität, wie dieses der Fall ist, wenn man ein Ellipsoid, welches durch Umdrehung einer Ellipse um seine kleine Axe entstanden ist, auf das Ende dieser seiner kleinen Axe stellt. Wenn endlich der senkrechte Strahl des Berührungspunktes nur in Bezug auf die zunächst ihn umgebenden Radien ein Minimum ist, so findet ein stabiles Gleichgewicht nur in der Ausdehnung derjenigen Punkte statt, in Bezug auf welche jener Radius ein Minimum ist; und wenn der Strahl nach der einen Richtung hin sei-

nen benachbarten Strahlen gleich ist, während er nach anderen Richtungen ein Maximum oder Minimum ist, so ist das Gleichgewicht nach der ersten Richtung hin indifferent, nach den anderen Richtungen hin labil oder stabil. Dieß ist z. B. der Fall bei einem auf der Seite liegenden Ei, oder bei einem Umdrehungsellipsoid um die große oder die kleine Axe. Man kann eine Menge von Versuchen mit verschieden geformten Gegenständen anstellen, um diese Vorstellungen geläufig zu machen. Beim Balanciren eines Stabes u. drgl. wird z. B. der Körper in labiles Gleichgewicht gestellt, und die Aufgabe ist, allen Zufälligkeiten entgegenzukommen, welche ein Verrücken aus dieser Stellung bewirken könnten. Wenn ein Körper mit zwei Punkten auf eine Ebene gestellt ist, so muß die vom Schwerpunkte herabgefällte Senkrechte zwischen diesen beiden Punkten, auf die sie verbindende gerade Linie fallen. So z. B. muß bei zweirädrigen Wagen die Senkrechte vom Schwerpunkte zwischen die beiden Räder auf die gerade Linie fallen, welche die Berührungspunkte der Räder mit dem Boden verbindet. Fällt sie mehr nach vorn oder hinten, so ist der Wagen nach vorn oder hinten zu schwer beladen; und da diese Wagen auf geneigte Ebenen zu fahren kommen, wo sie durch die Reibung zurückgehalten werden, so muß, damit sie nicht umschlagen, die Senkrechte des Schwerpunktes nicht außer der Linie der Berührungspunkte der Räder mit dem Boden fallen, welches um so schwieriger zu erreichen ist, je höher die Räder sind und einen je größeren Raum die Ladung einnimmt.*) — Wenn ein Körper auf eine mehr oder weniger ausgebreitete, begränzte Grundfläche gestellt wird, so findet das Gleichgewicht nur statt, wenn die Senkrechte vom Schwerpunkte innerhalb des Umfanges der Grundfläche fällt. Es ist übrigens gleichgültig, ob diese Grundfläche durchaus ununterbrochen ist, oder nicht. Im letztern Falle erhält man ihren Umfang, wenn man an die äußersten Punkte Berührungslinien zieht (Fig. 248.). Je größer der Umfang ist, desto mehr kann der Schwerpunkt verrückt werden, ohne daß der Körper aufhört unterstützt zu sein. Alle Spielereien, welche man in Bezug auf das Gleichgewicht ausgedacht hat, laufen auf die Geschicklichkeit hinaus, die Senkrechte des Schwerpunktes auf einer sehr kleinen Basis zu erhalten.**)

---

*) Bei der wirklichen Anwendung zweirädriger Wagen läßt man jedoch den Schwerpunkt etwas nach vorn zu fallen, so daß das Pferd (in der Gabeldeichsel) einen kleinen Theil der Last zu tragen bekommt.

**) Es wurde schon oben des Balancirens gedacht. Es ist leichter einen langen und schweren Körper zu balanciren, namentlich wenn der schwerste Theil oben liegt, als einen leichten und kurzen, denn beim Fallen um gleiche Winkel muß die Spitze des längeren Körpers offenbar einen größeren Raum durchlaufen, als die Spitze des kürzeren, und man kann bei jenem leichter die Basis unterschieben, um den Fall zu verhüten. Bei den Seiltänzerkünsten bleibt die Basis unverrückt, aber der Körper muß so gehalten werden, daß sein Schwerpunkt stets senkrecht über der Basis bleibt. Erleichternd dient die Balancirstange, welche auf beiden Seiten mit Blei

Die Bedingungen des Gleichgewichts, wie sie so eben auseinander gesetzt worden, sind nur für die Theorie hinreichend; in der Anwendung machen sie Modificationen nöthig, weil denselben die in der

---

ausgegossen ist, und durch deren Verschiebung in den Händen oder Neigung der Schwerp. leicht so verändert werden kann, daß er immer senkrecht über dem Seile bleibt. Gingen die Enden der Stange bis unter die Füße des Balanceur und wären dieselben sehr schwer, so daß der Schwerp. desselben sammt der Stange unter die Füße des Künstlers fielen, so könnte er sich auf einer Spitze stehend nach allen Seiten wenden, als ob er sich herabstürzen wollte, und würde doch immer von selbst in die senkrechte Stellung wieder zurückkommen, denn er befände sich im stabilen Gleichgewichte. Man führt hiernach kleine Figuren von Holz aus, die auf einer Spitze balanciren, balancirt eine kleine dünne Münze auf einer Nadelspitze, indem man sie in einen Kork steckt und zu beiden Seiten in diesem zwei Gabeln einsticht. Ebenso hat man hölzerne Männchen mit langen Sägen, an deren Enden sich eine schwere Kugel befindet. Setzt man die Füße, welche Spitzen haben, an den Rand eines Tisches, so schwingt das Ganze wie ein Pendel und die Figur scheint am Tische zu sägen, bis sie endlich so ruht, daß der in die freie Luft fallende Schwerpunkt senkrecht unter der Stelle ist, wo die Füße mit den Spitzen aufstehen. So bindet man auch wohl eine volle Weinflasche in der Gegend des Stöpsels an das Ende eines Messers unter schiefem Winkel, und legt man dann die Spitze des Messers auf einen Tisch, so daß die Flasche herabhängt, so bleibt sie hängen, ohne herabzufallen, weil der Schwerpunkt derselben senkrecht unter die Messerspitze in die Luft fällt. Hierher gehören auch die Stehaufmännchen von leichtem Holz oder Kork, welche unten mit Blei ausgegossen und niedergelegt von selbst aufstehen, weil sie in stehender Stellung im stabilen Gleichgewichte sich befinden. Merkwürdig sind die schiefen Thürme zu Bologna und Pisa. Bei jenem trifft ein von dem obern Rande herabgehendes Loth den Boden in 15. F. Entfernung von dem Fuße des Thurms. Man weiß nicht gewiß, ob sie absichtlich in dieser ängstlichen Stellung gebaut sind, oder ob der Boden nachgegeben hat; gewiß ist, daß sie nur darum stehen ohne umzufallen, weil die Senkrechte vom Schwerp. der ganzen Masse nach dem Boden noch auf die Basis fällt. Interessant ist auch die von Muschenbrök als chinesische Erfindung angegebene chinesische Puppe. Ein S förmig gebogener, inwendig hohler und mit etwas Quecksilber zum Theil gefüllter, hölzerner Körper hat zwei nach entgegengesetzten Seiten hin gerichtete Unterstützungen, denen man eben so eine den menschlichen Armen und Beinen ähnliche Gestalt gibt, wie man dem Ende die Form eines Kopfes ertheilt. Wird der Körper in einem Punkte unterstützt, so fließt das Quecksilber von diesem Ende zum anderen, rückt den Schwerp. über den Unterstützungspunkt hinaus und veranlaßt ein Ueberschlagen der Figur. Stellt man sie auf eine geeignete Treppe, so wiederholt sich dieses Ueberschlagen und die Figur stürzt sich von selbst Stufe um Stufe von der Treppe herab. Ueber den berganlaufenden Cylinder und den berganlaufenden Kegel s. d. Art. Ebene S. 15.

Wirklichkeit nicht stattfindende Voraussetzung zu Grunde liegt, daß alle Körper vollkommen steif sind, daß ihre Bestandtheilchen in unveränderlicher Lage fest neben einander liegen bleiben, also keine Elasticität, keine Beugung, kein Brechen stattfindet. Nehmen wir aber z. B. an, daß eine lange Eisenstange von 1 Quadratzoll Querschnitt in ihrem Schwerpunkte unterstützt sei, so werden sich beide Enden derselben herabbeugen und ist die Stange sehr lang, so kann sie sogar im Unterstützungspunkte zerbrechen. Noch weniger Festigkeit haben alle organischen Körper. So z. B. steht ein Baum ohne umzufallen, weil der Schwerpunkt seiner ganzen Masse in die Fläche fällt, welche von seinen Wurzeln eingenommen wird, aber dieß hindert nicht, daß sich seine Theile beugen, von jedem Windstoße in andere Lagen gebracht, und so der Schwerpunkt des Baumes fortwährend verändert wird. Bei den lebendigen Geschöpfen wird der Schwerp. durch die willkührliche Bewegung fortwährend verändert, bei jeder Erhebung des Armes, beim Aufheben des Fußes. Das Stehen ist nichts anderes als ein Balanciren des Körpers, beim Gehen wird der Schwerp. verändert, der Körper fällt und würde ganz zu liegen kommen, wenn nicht sogleich der andere Fuß wieder zur Unterstützung des Schwerpunktes benutzt würde.

Die Schwere kann, wie schon früher bemerkt wurde, als eine vom Mittelpunkt der Erde ausgehende anziehende Kraft betrachtet werden, welche das Fallen der Körper an der Erdoberfläche bewirkt, genauer: welche macht, daß in der ersten Secunde des Falls die Körper 15,098 par. Fuß durchlaufen. Es fragt sich, wie weit sich diese Kraft erstreckt, ob es eine gewisse Grenze derselben gebe oder nicht. Die Schwere ist ferner das Resultat der Anziehung aller materiellen Theilchen gegen einander, es fragt sich, ob nicht auch die Himmelskörper unter einander in einem ähnlichen Verhältniß gegenseitiger Anziehung stehen, welches gewiß der Fall ist, sobald die Sphäre der Wirksamkeit der Schwere eines jeden unbeschränkt ist. Denn da bei einem jeden Weltkörper wie bei der Erde die Schwere sich in einem Punkte in der Mitte concentriren wird, so müssen sich die Weltkörper unter jener Voraussetzung wie Punkte verhalten, die gegenseitig anziehend auf einander wirken. Bei der ersten Betrachtung des Weltgebäudes scheint die Annahme, daß die Schwere durch dasselbe ihre Wirksamkeit erstrecke, unbegründet, denn es scheint, daß, wäre dieß der Fall, alle Weltkörper einander immer näher kommen, zusammen fallen müßten, welches offenbar nicht stattfindet, da sich vielmehr, wie zunächst das uns genauer bekannte Sonnensystem lehrt, einzelne Weltkörper in regelmäßigen elliptischen Linien um andere, und diese wieder um andere (Monde um Erden, Erden um Sonnen) herumbewegen. Gerade aber diese Bewegung der Himmelskörper ist es, welche in der Schwere ihren Grund hat, wie eine vermittelnde Betrachtung lehrt. Wird nämlich eine Kugel aus einer Kanone abgeschossen, so würde diese, wenn nur der ursprüngliche Stoß, den sie durch das Pulver erhielt, auf sie wirkte, geradlinig fortgehen; dieß ist aber nicht der Fall, sondern sie senkt sich vielmehr nach der Erde zu, so daß sie sich in einer gekrümmten Linie bewegt; und denken wir uns vor der Mündung der Kanone eine Ebene

gestellt, welche die Kugel durchbohrt, und eine zweite Ebene so aufgestellt, daß die Kugel nach einer Secunde durch sie hindurch geht, so wird die Durchbohrung der zweiten Ebene genau 15,098 par. F. unter der Durchbohrung der ersten Ebene liegen. Dieses beweist, daß die krumme Linie, welche die Kanonenkugel beschreibt, von der Art ist, daß die in ihr sich fortbewegende Kugel zugleich der ursprünglich auf sie wirkenden Stoßkraft und der Anziehungskraft der Erde, der Schwere gehorcht. Die kreisähnlichen Bahnen, in welchen sich die Himmelskörper bewegen, z. B. der Mond um die Erde, können wir uns nun ganz ähnlich entstanden vorstellen. Gehorchte der Mond nur einer ursprünglichen Stoßkraft, so flöge er bei der Erde vorbei, aber er fällt, von der Schwere angezogen, zugleich auf sie zu, und so kommt es, daß er eine krumme Linie um die Erde beschreibt. Stellt C (Fig. 249.) den Mittelpunkt der Erde und zugleich der Mondbahn AMD vor (die wir der Einfachheit wegen als einen Kreis annehmen), so wird er von A aus, wenn er nicht auch der Schwere gehorchte, in der Richtung fortgehen, die er in A hatte, d. h. in der Richtung der Tangente AB und würde z. B. nach Verlaufe einer Secunde in B angekommen sein; gehorcht er aber auch der Schwere, so wird er nach Verlauf dieser Secunde nicht in B sich befinden, sondern in M, d. h. er wird zugleich um das Stück BM auf die Erde zu gefallen sein. Wirkt nun wirklich die Schwere ins Unendliche, oder hier zunächst bis zum Monde fort, d. h. gibt es eine allgemeine Schwere, Gravitation, und kennt man das Gesetz, nach welchem die Schwere der Erde, deren Wirksamkeit an der Oberfläche bekannt ist, mit der Entfernung von ihrem Mittelpunkte abnimmt, so kann man aus der Entfernung des Mondes berechnen, um wie viel Fuß er nach einer Secunde der Erde sich genähert haben muß, d. h. wie groß BM ist. Anderseits geben geometrische Betrachtungen, daß die Größe BM gleich ist dem Quadrate des Bogens AM dividirt durch den Durchmesser AD des von dem Monde beschriebenen Kreises, d. h. durch die doppelte Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde. Kennt man also das Gesetz der Gravitation, so muß die Größe von BM, welche man aus ihm berechnet, mit der auf geometrischem Wege gefundenen, aus der bekannten Beschaffenheit der Mondbahn sich ergebenden Größe von BM übereinstimmen. Um die Rechnungen aber mit Genauigkeit anstellen zu können, so müssen die Entfernungen, welche in Rechnung kommen, genau bekannt sein. Die größten Schwierigkeiten bietet die Bestimmung des Halbmessers der Erde dar, welche bei allen zu Grunde liegt.

Sucht man zunächst das Gesetz der Abnahme der Schwere mit der Entfernung, so kann man folgende Beobachtung anstellen. Man kann sich die Anziehungskraft der Erde von dem Mittelpunkte derselben strahlenartig ausgehend vorstellen, ähnlich wie das Licht nach allen Seiten hin von seiner Quelle aus sich verbreitet. Stellt man sich nun eine hohle Kugelfläche vor, deren Halbmesser z. B. 100 F. beträgt, und deren Mittelpunkt mit dem der Erde zusammenfällt, so wird die innere Fläche dieser Kugelschale von jenem Lichte mit einer gewissen Stärke

beleuchtet werden. Wenn aber der Halbmesser dieser Kugel noch einmal so groß, also gleich 200 F. wäre, so wird diese zweite hohle Kugelschale in ihrem Innern von demselben Lichte offenbar schwächer beleuchtet werden. Zwar fällt alles Licht, welches früher die kleinere Kugel beschien, jetzt auch auf die größere, aber da die Oberfläche der zweiten viel größer ist, als die der ersten, so werden die auf die zweite Kugel fallenden Strahlen, da sie divergirend vom Mittelpunkte ausgehen, auch viel weiter von einander entfernt sein, d. h. die zweite Kugel wird von demselben Lichte schwächer erleuchtet werden, als die erste und zwar genau um so viel schwächer, als die Oberfläche dieser zweiten Kugel größer ist, als die Oberfläche der ersten. Da sich aber die Oberflächen der Kugeln bekanntlich wie die Quadrate ihrer Halbmesser verhalten, so wird die Fläche der zweiten Kugel, deren Halbmesser 2 mal so groß ist als jener der ersten, auch $2^2 = 4$ mal schwächer erleuchtet werden. Eben so wird für eine Kugel von einem 3 mal so großen Halbmesser als die erste, die Beleuchtung $3^2 = 9$ mal schwächer sein, für einen 4 mal so großen Halbmesser 16 mal schwächer u. s. w., kurz die Beleuchtung wird abnehmen, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, oder, was dasselbe ist, die Beleuchtung dieser einen Kugelschale, in jedem einzelnen Punkte ihrer Oberfläche, wird sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalten. (Vergl. d. Art. Licht S. 355.) Dasselbe wird also auch von der Anziehung der Erde auf alle Körper außer ihr gelten, wenn anders die vorhergehende Voraussetzung richtig ist, daß Licht und Attraction sich auf gleiche Weise von dem Mittelpunkte aus verbreiten.

Zu demselben Satze gelangte aber der Entdecker des Gravitations-Gesetzes Newton auf einem anderen Wege, der durch die astronomischen Entdeckungen Keplers und Huygens gezeigt war. Kepler hatte nämlich gefunden, daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne sich wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten, und Huygens stellte den Satz auf, daß bei den in Kreisen umlaufenden Körpern die Quadrate ihrer Umlaufszeiten sich verhalten wie die Halbmesser dieser Kreise, dividirt durch den Druck, welchen diese Körper senkrecht auf die Peripherie ihrer Kreise ausüben. Dieser Druck muß aber als die Kraft angesehen werden, welche, indem sie gegen den Mittelpunkt des Kreises gerichtet ist, eben diese Kreisbewegung des Körpers erzeugt. Verbindet man daher diese beiden Sätze mit einander, so folgt, daß bei allen Kreisbewegungen der Druck der bewegten Körper, d. h. die im Mittelpunkte dieser Kreise wohnende, bewegende oder anziehende Kraft sich verhalten muß, wie verkehrt das Quadrat dieses Halbmessers, d. h. also, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers von dem anziehenden Mittelpunkte, welches der oben aus der Analogie mit dem Lichte gefundene Satz ist.

Bezeichnen wir nun die Größe des Erdhalbmessers mit r, und die Entfernung irgend eines Punktes über der Erde, für welchen die Anziehung nach den Mittelpunkt der Erde bestimmt werden soll, mit d, und nehmen wir als Maß dieser Anziehung die Anzahl Fuß an,

welche ein frei fallender Körper in der ersten Secunde seines Falles zurücklegt. Wir wissen, daß diese Größe beim Abstande r etwa 15 F. beträgt und haben folglich für die Anziehung X im Abstande d die Proportion; $X : 15 = r^2 : d^2$, d. h. $X = \frac{15\ r^2}{d^2}$, und nehmen wir r als Einheit des Maßes, (nach dem die Abstände bestimmt werden): $X = \frac{15}{d^2}$. Der Mond ist aber, wie astronomische Beobachtungen lehren, (vergl. d. Art. Parallaxe) 60,16 Erdhalbmesser vom Mittelpunkte der Erde entfernt, er muß also in der Secunde $\frac{15}{(60,16)^2}$ Fuß = 0,00414 F. = 0,6 Lin. auf die Erde zu fallen. Die Richtigkeit des Gravitationsgesetzes ist nun offenbar erwiesen, wenn die Beobachtungen am Monde das Resultat bestätigen, daß derselbe in jeder Sekunde um 0,00414 F. auf die Erde zu fällt. In Fig. 249. ist diese Größe durch BM vorgestellt und es wurde bereits bemerkt, daß $BM = \frac{AM^2}{AD}$. Nehmen wir nun (nach den Messungen von Picard, welche zur Zeit Newton's gemacht wurden, s. d. Art. Erde) an, daß der Halbmesser der Erdbahn = 19615780 sei, so ergibt sich daraus der Bogen AM = 3134,6 Fuß, und da die Entfernung des Mondes von der Erde 60,16 Erdhalbmesser beträgt, so ist die gesuchte Linie BM, um welche der Mond in Einer Secunde zur Erde fällt = $\frac{(3134,6)^2}{60,16 \times 39231560} = 0,00416$ Fuß. Vorhin fanden wir statt 0,00416 F. nur 0,00414; doch ist der Unterschied so unbedeutend, daß die vollkommenste Bestätigung des Gravitationsgesetzes gefunden ist.

Die allgem. Schwere (Gravitation) bezieht sich nun nicht bloß auf die Erde, sondern alle Himmelskörper wirken auf einander nach dem Gesetze derselben, und mit Auffindung derselben ist daher ein großartiger Blick in den innersten Zusammenhang des Weltsystems gethan. Newton selbst hat die meisten der großartigen Folgen desselben bereits bestimmt ausgesprochen, und seine Entdeckungen in den Principia philosophiae naturalis mathematica niedergelegt.*)

*) Littrow gibt folgende kurze Inhaltsanzeige der Principien. „Dieses Werk handelt zuerst von den krummen Linien, welche die Körper beschreiben, wenn sie von gegebenen Kräften getrieben werden. Unter diesen Problemen wird der Fall der Natur, wo die Centralkraft sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält, mit der ihm gebührenden Umständlichkeit besonders betrachtet. Ferner wird gezeigt, daß bei diesem Naturgesetze die Anziehung der Kugeln auf äußere Punkte sich so verhalte, als wäre ihre anziehende Kraft, die doch jedem Elemente ihrer Masse zukommen muß, in dem Mittelpunkte dieser Kugeln vereiniget. Dadurch wird es erlaubt, die himmlischen Körper, so groß sie auch an sich sein mögen, in der Rechnung nur als Punkte zu betrachten, und sich daher die dabei vorkommenden, sonst

Schwimmen, so viel wie sich erhalten an der Oberfläche einer Flüssigkeit. Jeder Körper schwimmt in einer bestimmten Flüssigkeit dann, wenn er leichter ist, als ein dem seinen gleiches Volumen jener Flüssigkeit. Dieses Gesetz des Schwimmens läßt sich noch auf ein anderes,

---

unübersteiglichen Schwierigkeiten ungemein abzukürzen. Da jene anziehende Kraft nicht nur der Sonne, sondern überhaupt allen Körpern zukömmt, so werden nicht bloß die Planeten von der Sonne, sondern sie werden auch von einander selbst angezogen, und daher kommt es, daß die Ellipse, welche jeder Planet, wenn er allein da wäre, um die Sonne beschreiben würde, durch die Attraction der anderen Planeten oft sehr merklich gestört, und in eine andere sehr verwickelte krumme Linie verwandelt wird. Glücklicher Weise sind diese Planeten alle so klein gegen die Sonne, und überdieß durch so große Zwischenräume von einander getrennt, daß diese Störungen nur gering sind, und daß man sich ohne merklichen Fehler erlauben kann, die Störungen jedes Planeten durch jeden andern, einzeln betrachtet, zu zu untersuchen. Wäre dieß nicht der Fall, so würde man alle diese Störungen, welche jeder Planet von allen andern zugleich erleidet, berechnen müssen, und dann würden die Schwierigkeiten so groß sein, daß sie die Kräfte unserer gegenwärtigen, und wahrscheinlich auch die aller künftigen Analyse, weit übersteigen würden. Bei dieser Einrichtung unseres Sonnensystems aber reicht vollkommen zur Theorie der Bewegung eines Planeten hin, wenn man zuerst die reinen elliptischen Elemente (s. d. Art. Planeten) desselben sucht, und dann die Störungen auffindet, welche derselbe durch jeden andern Planeten, einzeln betrachtet, erleidet. Auf diese Weise ist die Untersuchung auf das sogenannte Problem der drei Körper zurückgebracht, d. h. auf die Bestimmung der Bewegung eines Planeten, der von der Sonne angezogen, und von einem anderen, gegen die Sonne viel schwächeren Planeten, in seiner Bewegung etwas gestört wird. Auch in dieser Beschränkung bleibt diese Aufgabe noch immer eine der schwierigsten der ganzen Astronomie. Newton hat sie nicht erschöpft, wie sie denn auch in unsern Tagen noch immer nicht als vollendet betrachtet werden kann, so weit man auch in derselben bereits vorgerückt ist. Aber er hat, wie beinahe in allen großen Fragen dieser Wissenschaft, die seit ihm die ersten Geometer beschäftigte, er hat die Grundzüge, die ersten und schwersten Schritte zur Auflösung derselben angegeben. Die weitere Entwickelung desselben Naturgesetzes gab ihm auch Mittel an die Hand, die Massen der Sonne und der Planeten, die Dichtigkeiten derselben, und die Größen zu bestimmen, durch welche auf der Oberfläche derselben die Körper in der ersten Secunde fallen, und so Fragen zu beantworten, welche die Alten sich, vernünftiger Weise, nicht einmal aufgeben konnten. So fand er z. B., daß die Masse der Sonne 355000mal größer, als die der Erde ist, daß die Dichte der Sonne nur der vierte Theil der Dichte der Erdmasse ist, daß die Körper auf der Oberfläche der Sonne in einer Secunde durch 430, auf der Oberfläche Jupiters aber durch 39 Fuß fallen u. s. w.

Die große Abplattung Jupiters, die kurz zuvor Cassini entdeckt hatte, brachte Newton auf die Untersuchung der Ursache derselben, und

allgemeineres zurückführen, nämlich auf das Princip des Archimed*): daß ein in eine Flüssigkeit gesenkter Körper soviel von seinem Gewicht verliert, wie viel das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit beträgt. Dieser Satz gilt sowohl für tropfbar flüssige als für gasförmige Körper. Gesetzt wir hätten ein großes mit Wasser gefülltes Gefäß und im Innern des Wassers befände sich ein Würfel, dessen obere und untere Fläche horizontal wären (Fig. 250.). In diesem Falle wird der Würfel von allen Seiten durch die Flüssigkeit gedrückt werden und zwar werden 1) die seitwärts ihn treffenden Drucke gleich und entgegengesetzt sein, und sich folglich gegenseitig aufheben; 2) wird die obere Oberfläche einen Druck von oben nach unten erfahren,

---

dadurch auf die Bestimmung der wahren Gestalt der Erde, die auch, wenn gleich viel weniger als jener Planet, an ihren Polen abgeplattet ist. Er fand, daß die aus der Rotation der Erde entstehende Centrifugalkraft an dem Aequator den 289sten Theil der Schwere beträgt, daß der Halbmesser des Aequators sich zu der halben Rotationsaxe der Erde wie 230 zu 229 verhält, und daß die Gestalt der Erde die eines Körpers ist, der durch die Rotation einer Ellipse um seine kleine Axe entsteht. (S. d. Art. Erde.)

Newton zeigte ferner, daß die wunderbaren Erscheinungen der Ebbe und Fluth des Meeres eine bloße Wirkung der Attraction des Mondes, verbunden mit jener der Sonne sind, und lehrte die Größe und Zeit derselben bestimmen. Er erklärte die größeren Ungleichheiten der Mondbewegungen, vorzüglich die Evection, Variation und die jährliche Gleichung (s. d. Art. Mond) aus dem von ihm entdeckten Naturgesetze, und zeigte, daß sie eben so eine bloße Folge dieses Gesetzes sind, wie die schnelle Bewegung der Knoten und der Absiden dieses Satelliten. Selbst die Präcession der Nachtgleichen stellt er, den Beobachtungen gemäß, aus diesem Gesetze, d. h. aus der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete Erde dar. Die Kometen betrachtete er als Himmelskörper, die in eben so regelmäßigen Bahnen, wie die Planeten, um die Sonne gehen, und er lehrte uns, die Elemente dieser Bahnen aus den Beobachtungen zu berechnen, wovon er selbst ein Beispiel für den merkwürdigen Kometen d. J. 1680 gegeben hatte. Ueberdieß findet man noch in demselben Werke zum ersten Male die vorzüglichsten Lehren unserer Hydrostatik und Hydrodynamik oder die Theorie des Gleichgewichts und der Bewegung der Flüssigkeiten; tiefe und schwierige Untersuchungen über die Bewegungen fester Körper in flüssigen und luftförmigen Mitteln, über den Widerstand, welchen sie von diesen Mitteln erleiden, über die Gestalt der Körper, bei welchen dieser Widerstand am kleinsten ist; über die Bewegung der Pendel und der geworfenen Körper in widerstehenden Mitteln, über die Fortpflanzung des Schalls in der Luft, über die Bewegung des Wassers in Röhren und Kanälen, über die Wirkungen des Lichts auf die Elemente der Körper u. s. w.

*) Man erzählt, Archimed (der um 250 v. Chr. lebte) sei aus dem Bade, wo er den wichtigen Satz entdeckt, voller Freude herausgesprungen und durch die Straßen von Syrakus gelaufen, rufend: Gefunden, gefunden!

welcher gleich ist der auf ihr lastenden Säule der Flüssigkeit im Gefäße; und endlich 3) wird die untere Fläche des Würfels einen Druck von unten nach oben erfahren, welcher gleich ist dem Gewicht einer Flüssigkeitssäule vom Durchschnitt der Würfelfläche und von der Höhe, in welcher die Flüssigkeit über der unteren Fläche des Würfels steht*). Mithin bleibt nur ein Druck von unten nach oben wirksam, welcher gleich ist dem Gewicht eines Würfels der Flüssigkeit, welcher mit dem eingesenkten Würfel gleiche Größe hat, und dieser Druck wirkt entgegen dem Bestreben des Würfels nach unten zu sinken, d. h. seinem eigenthümlichen Gewichte, denn dieses treibt ihn von oben nach unten. Die Tragkraft einer Flüssigkeit ist für einen jeden Körper gleich dem Gewichte der von ihm aus seiner Stelle getriebenen Quantität der Flüssigkeit, und ein eingesenkter Körper ist zweien Kräften ausgesetzt, nämlich seinem Gewichte, welches ihn von oben nach unten treibt, und der entgegenwirkenden Tragkraft der Flüssigkeit, welche ihn von unten nach oben treibt. Sind beide Kräfte einander gleich, so bleibt der Körper im Gleichgewicht, hat all sein Gewicht verloren und schwimmt in der von ihm eingenommenen Stelle in der Flüssigkeit, ohne sich zu heben oder zu senken. Ist die Tragkraft der Flüssigkeit größer als das Gewicht des Körpers, so wird dieser nach der Oberfläche emporgetrieben und zwar so lange und so weit, bis das Gewicht der von ihm aus der Stelle getriebenen Quantität Flüssigkeit gleich ist dem Gewichte des Körpers. Aus der Tiefe, bis zu welcher ein auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmender Körper einsinkt, kann man folglich sein eigenes Gewicht berechnen, wenn das specif. Gew. der Flüssigkeit bekannt ist. Ist endlich das Gewicht des Körpers größer als die Tragkraft der Flüssigkeit, so sinkt der Körper bis auf den Grund der Flüssigkeit. Man kann die Richtigkeit des angegebenen Satzes für Körper jeder Form mit Hilfe der hydrostatischen Waage nachweisen. Dieser Apparat ist eine gewöhnliche Waage, mit der man die Körper wägen kann, erst in der freien Luft, und nachher wenn man sie in eine Flüssigkeit eingesenkt hat. C (Fig. 251.) ist ein hohler kupferner Cylinder, dessen innere Hohlung durch den massiven Cylinder P genau ausgefüllt werden kann. Man legt beide in eine Schale der Waage, und legt so viele Gewichte auf die andere Waagschale, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Hierauf bringt man die Waage in Ruhe und befestigt den Cylinder P mit einem sehr dünnen Draht unter die Waagschale, um ihn in eine Flüssigkeit, z. B. Wasser, wie Fig. 251. darstellt, einzu-

*) Man kann sich dieß näher so erklären. Fehlte der Würfel, so würde die unter ihm befindliche Quantität Flüssigkeit einen Druck von oben gleich der angegebenen Flüssigkeitssäule (die wir S nennen wollen) erleiden, müßte folglich so zusammengepreßt werden, daß der von ihr ausgeübte Gegendruck gleich dem Gewichte S wäre; dieser Gegendruck bleibt derselbe, wenn auch der Würfel eingesenkt wird, weil die relat. Dichtigkeit des Wassers unter ihm (wenn es vorausgesetzt nach allen Seiten ausweichen kann) dieselbe bleibt, der Würfel mag eingesenkt sein oder nicht.

senken. In diesem Zustande findet sich das Gleichgewicht aufgehoben, ist aber sogleich wieder hergestellt, wenn man den hohlen Cylinder C genau mit Wasser füllt; woraus folgt, daß der Cylinder P durch die Einsenkung in das Wasser soviel an Gewicht verloren hat, als das in C gegossene Wasser wiegt, d. h. als die Quantität Wasser wiegt, die von ihm aus der Stelle getrieben worden.

Das Princip des Archimed läßt sich noch auf eine andere, von der Gestalt des eingesenkten Körpers völlig unabhängige Weise darthun. Nehmen wir im Innern einer flüssigen Masse irgend ein Volumen an, z. B. eine Kugel von 1. Met. Halbmesser. Stellen wir uns vor, daß die Bestandtheilchen des Wassers, welche sich in diesem Volumen befinden, einen Augenblick zusammen erstarren, d. h. eine feste statt einer flüssigen Kugel bilden; aber daß sie sich bei der Erstarrung weder einander nähern, noch sich von einander entfernen, und daß sie genau ihre gegenseitige Lage und ihre gegenseitigen Abstände behalten. Es ist klar, daß eine solche Kugel schweben und in Ruhe bleiben wird, wie dieses bei der flüssigen Kugel der Fall war; denn der Zusammenhang, den wir unter den verschiedenen Bestandtheilchen annahmen, kann weder eine Hebung noch ein Sinken veranlassen; er ändert nichts weder in dem Drucke der umgebenden Flüssigkeit noch in der Schwere der Kugel. Diese feste und schwere Kugel hat folglich ihr Gewicht verloren, weil sie nicht fällt, und der Grund ist der, daß sie von einer von allen Seiten auf sie drückenden Flüssigkeit umgeben wird. Aus allen den verschiedenen Drucken, welche die Flüssigkeit von allen Seiten gegen sie ausübt, ergibt sich mithin ein Druck, welcher dem eigenthümlichen Gewichte der Kugel entgegenwirkt und so dasselbe aufhebt, also diesem Gewichte genau gleich ist. Diese Betrachtung läßt sich auf einen jeden Körper anwenden, welches auch seine Gestalt sein mag.

Wie nun auch dieser Körper geformt sei, der in der angenommenen Weise erstarrt ist; man wird ihn nach der Erstarrung auf jede Weise um seinen Schwerpunkt drehen können, und er wird in allen Lagen im Gleichgewicht bleiben. Die Kraft, welche ihn von unten nach oben drückt, die Tragkraft der Flüssigkeit, hat folglich ihren Angriffspunkt im Schwerpunkte der erstarrten Flüssigkeit. Nennen wir diesen Punkt das Centrum des Druckes. Nehmen wir nun statt der flüssigen, als erstarrt angenommenen Flüssigkeit einen fremdartigen Körper von irgend einer Substanz an, von Kork, Marmor, Eisen, so ist klar, daß er von der umgebenden Flüssigkeit ganz dieselben Drucke erfahren wird, wie der vorher angenommene erstarrte Flüssigkeitskörper von derselben Gestalt. Die Tragkraft der Flüssigkeit und das Centrum des Druckes hängen folglich einzig ab von der Quantität und der Gestalt der verdrängten Flüssigkeit, aber nicht im entferntesten von der Natur der Substanz, welche die Flüssigkeit verdrängt. Ein eingesenkter Körper ist mithin stets zweien Kräften unterworfen, deren Größe, Richtung und Angriffspunkte wir kennen. Die erste dieser Kräfte ist das Gewicht des Körpers, welches von oben nach unten wirkt und seinen Angriffspunkt im Schwerpunkte der festen Masse des Körpers hat; die zweite Kraft ist die Tragkraft der Flüssigkeit, welche von unten nach oben wirkt,

dem Gewichte der aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit gleich ist und ihren Angriffspunkt im Schwerpunkte der verdrängten Flüssigkeit hat.

Damit ein Körper inmitten einer Flüssigkeit im Gleichgewicht sei, müssen im Allgemeinen zwei Bedingungen erfüllt sein: 1) das Gewicht des Körpers muß gleich dem Gewichte der aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit sein; 2) der Schwerpunkt des Körpers und der der Flüssigkeit müssen in dieselbe Senkrechte fallen. Diese Bedingungen folgen aus dem Vorhergehenden, lassen sich aber noch deutlicher an einem Beispiele darstellen. LSPS′ (Fig. 252.) ist eine aus zwei Stücken zusammengesetzte Kugel; das eine Stück SLS′ ist Kork, das andere SPS′ Blei. Ihr Schwerpunkt befindet sich in g und ihr Gewicht ist genau gleich dem derjenigen Quantität Wasser, die sie aus der Stelle drängen kann. Bringt man diese Kugel so in das Wasser, daß der Schnitt SS′ senkrecht ist, wie Fig. 253. zeigt, so wird sie wegen Bedingung 2 in dieser Stellung nicht verharren können, sondern sich umwenden bis g und C, der Schwerpunkt der Flüssigkeit, in derselben Verticale liegen, und zwar wird sie in der Stellung Fig. 252. im stabilen, in der Stellung Fig. 254. im labilen Gleichgewicht sich befinden. (Vergl. d. Art. Schwere.) Wenn der Körper durchaus gleichmäßig ist, so fällt sein Schwerpunkt mit dem der Flüssigkeit zusammen und es braucht folglich nur die erste Gleichgewichtsbedingung stattzufinden. Dieß kann man auch so ausdrücken, daß das Gleichgewicht dann stattfindet, wenn der eingesenkte Körper und die ihn umgebende Flüssigkeit dieselbe Dichte besitzen. Eine Kugel von Wachs bleibt im Wasser ohne zu steigen oder zu sinken, sinkt im Weingeist herab, und schwimmt auf dem Quecksilber, weil ihre Dichte der des Wassers ziemlich gleich, bedeutender als die des Weingeists und geringer als die des Quecksilbers ist. Die Fische scheinen im Wasser, in dem sie leben, im Gleichgewicht zu sein, denn sie können sich in ihm ruhig verhalten, ohne von ihrem Gewicht herabgedrückt oder von der Tragkraft des Wassers emporgehoben zu werden. Ein Fisch wiegt hiernach genau so viel, als er Wasser aus der Stelle drängt; er wiegt ein Kilogramm, wenn er ein Litre Wasser verdrängt, und 1000 Kilogramm, wenn er 1000 Litres oder ein Cubikmeter verdrängt.*) Ein Wallfisch von 20 Metres Länge verdrängt ungefähr 500 Cubikmetres und wiegt mithin 500000 Kilogr. und selbst noch etwas mehr, weil das Meerwasser etwas schwerer als reines Wasser ist. Eine zweite Bedingung, daß der Fisch ruhig in Mitten des Wassers sich halten kann, ist, daß sein Gleichgewicht weder labil noch indifferent sei, und diese Bedingung wird durch ein auch noch zu andern Zwecken dienendes Organ erfüllt, die Schwimmblase. Dieselbe hat bei den verschiedenen Arten verschiedene Gestalten, aber sie hat stets eine solche Lage, daß sie die oberen Theile erleichtert und den unteren Theilen mehr Gewicht verschafft. Auf diese Weise liegt der Schwerpunkt des Körpers tiefer als das Centrum des Druckes und die Bedingung der Stabilität ist erfüllt. Nach

*) Weil Ein Litre reines Wasser Ein Kilogramm wiegt.

den interessanten Untersuchungen von Biot ist das in der Schwimmblase enthaltene Gas nicht gewöhnliche Luft; es ist fast reines Stickgas bei den in der Nähe der Oberfläche lebenden Fischen, und besteht aus ungefähr 0,9 Sauerstoffgas und 0,1 Stickgas bei denen, welche in einer Tiefe von 1000 bis 1200 Metr. leben. Bei 8 oder 9000 Metr. Tiefe würden diese Gase so dicht wie Wasser, und die Schwimmblasen würden für's Gleichgewicht unnütz. Es scheint, daß sich die Fische ihrer Schwimmblase auch bedienen, um Bewegungen von oben nach unten oder von unten nach oben auszuführen, die sie mit Hilfe ihrer Floßfedern nur schwierig zu Stande bringen würden. Zu diesem Zwecke brauchen sie dieselbe nur beliebig zusammenzupressen oder aufzublasen; im ersten Falle bleibt ihr Gewicht dasselbe während ihr Volumen abnimmt, sie sind dichter als Wasser und sinken herab; im zweiten Falle findet von alle dem das Gegentheil statt und sie steigen auf. Indeß ist diese Erscheinung nicht so einfach, als es den Anschein haben mag. Ein Fisch in Mitten des Wassers kann sich nicht anschwellen wie ein Säugethier, welches den Athem an sich hält; er findet keine Luft, die er einziehen oder ausstoßen könnte; er muß mit derselben Quantität Gas diese Bewegungen zu Stande bringen. Daher muß durch eine willkührliche Bewegung das Gas fortwährend stärker zusammengedrückt sein, als es durch die umgebende Flüssigkeit sein würde, und etwas mehr oder weniger Energie in dieser zusammendrückenden Bewegung gibt ihm nach einander ein kleineres oder größeres Volumen. Hierauf beruht das artige Experiment mit den Cartesianischen Teufelchen. Dieß sind nämlich kleine hohle Figuren von dünnem Glase, gewöhnlich in Gestalt kleiner Teufel, welche am Schwanze eine kleine Oeffnung, die in den hohlen Körper reicht, haben. Man bringt diese Figürchen in ein längliches Cylinderglas voll Wassers, welches man mit Blase überbindet. Drückt man nun mit dem Finger abwechselnd auf die Blase und läßt wieder nach, so sinken und steigen demgemäß die Teufelchen im Glase, weil die Luft in ihrem Leibe vom Wasser abgeschlossen und bald mehr bald weniger gepreßt wird. — Bei den Fischen, welche man in einer Tiefe von 1000 Metres fängt, befindet sich das Gas der Schwimmblase unter einem Drucke des Wassers gleich dem von 100 Atmosphären; kommen sie dann plötzlich an die Oberfläche, so sucht dasselbe einen 100mal größeren Raum einzunehmen; und man macht die Bemerkung, daß die ganze Muskelkraft des Fisches nicht ausreicht, hinlänglich Widerstand zu leisten; das Gas entweicht, indem es alle benachbarten Organe herauswirft, namentlich den Magen, der dann so ausgedehnt ist, daß er außerhalb des Maules eine sonderbare Art Ballon bildet. Hieraus kann man schließen, daß die verschiedenen Gegenden des Meeres nicht nur nach den verschiedenen Klimaten, sondern auch nach den verschiedenen Tiefen verschiedene Bewohner haben.

Für die an der Oberfläche schwimmenden Körper gibt es wie für die eingesenkten zwei Bedingungen des Gleichgewichts und diese Bedingungen sind dieselben. Nur die Bedingung der Stabilität ist eine andere. Ein Schiff z. B., welches eine Million Kilogramme wiegt, befindet sich nur im Gleichgewicht, wenn es 1000 Cubikmetres

Wasser aus der Stelle verdrängt, welche ebenfalls eine Mill. Kilogr. wiegen, und wenn sein Schwerpunkt und sein Centrum des Druckes in derselben Verticale liegen. Aber der Schwerpunkt braucht nicht unter dem Centrum des Druckes zu liegen; er braucht nur unterhalb eines anderen Punktes zu liegen, welcher Metacentrum oder Punkt des Widerstandes genannt wird und dessen Bestimmung nicht ganz leicht ist. Die Lage des Metacentrums hängt von der Gestalt des Schiffes ab, die Lage des Schwerpunktes von der Vertheilung der Ladung, und von der Entfernung dieser Punkte von einander hängt die Geschwindigkeit der Schwingungen ab, welche das Schiff macht. Um bei einem Schiffe das Metacentrum zu finden, sucht man erst den Schwerpunkt desselben und sein Centrum des Druckes und drückt dann das Schiff mittels einer querübergelegten langen Stange und eines an ihrem Ende angebrachten schweren Gewichtes auf die Seite. Dann schneiden sich die durch beide genannte Punkte gezogenen Linien im Metacentrum, dessen Ort bei gleichmäßiger Belastung des Schiffes aus dem Winkel gefunden wird, welchen die genannte Stange mit der horizontalen Linie des ruhenden Schiffes macht. Läge der Schwerpunkt des Schiffes über dem Metacentrum, so müßte das Schiff nothwendig umschlagen, wogegen es so viel sicherer schwimmen wird, je weiter beide von einander abstehen, weil bei den Schaukelungen desselben der Kreis so viel größer ist, dessen Bogen sein Schwerpunkt um sein Metacentrum beschreibt. Hiernach richtet sich dann auch Höhe und Gewicht der Massen, des Tauwerks, der Segel u. s. w. und ergibt sich die Nöthigkeit des Ballastes bei unbeladenen Schiffen.

Auf dem Umstande, daß jeder Körper schwimmt, dessen Gewicht kleiner ist als das eines dem seinen gleichen Volumens Wasser, beruht die Anwendung von Schwimmgürteln, Schwimmkleidern, Blasen mit Luft gefüllt u. s. f., welche der Mensch sich umzubinden pflegt um zu schwimmen u. die alle nichts weiter sind, als leichte Körper, mit denen sich verbindend der Mensch sein Volumen vermehrt, ohne sein Gewicht in gleichem Verhältnisse zu vergrößern. Pelt in Kopenhagen verfertigte sich einen wurstförmigen Ring von Segeltuch mit Korkschnitzeln gefüllt, legte ihn um die Hüften und ruhte auf einem sattelförmigen Sitze, welcher an zwei Seiten des Ringes befestigt war. Dabei bediente er sich zweier Ruder und schwamm mit dieser Vorrichtung über den Sund. Nützlich sind die 1688 von Bakker in Amsterdam vorgeschlagenen Kameele, deren sich seitdem verschiedene seefahrende Nationen bedient haben, um schwere Schiffe über Untiefen und Sandbänke zu führen. Sie sind bis 200 F. lange und 36 F. breite, flache und in mehre Kammern getheilte Kähne, welche, mit Wasser gefüllt, an den Seiten der großen Schiffe befestigt werden. Zur Erhaltung des Gleichgewichtes werden die einzelnen Kammern nach einander leer geschöpft und sie heben dann das Schiff um 6 und mehre Fuß in die Höhe. Sinkende Schiffe kann man zuweilen durch die leeren Wassertonnen schwimmend erhalten, die man, das Spuntloch nach unten gekehrt, festnagelt.

Das Schwimmen des Menschen geschieht bekanntlich, indem derselbe das Wasser unter sich drückt, entweder liegend oder stehend und

im letzten Falle mit beiden Füßen das Wasser gleichsam unter sich tretend. Da die Menschen, wenn sie nicht diese Kunst des Schwimmens verstehen, ertrinken, so muß man schließen, daß der Körper des Menschen schwerer sei, als ein gleich großes Volumen Wasser. Doch ist der Unterschied im Gewicht jedenfalls sehr unbedeutend und das Ertrinken wäre erklärlich, auch wenn, wie allerdings einige Versuche zu beweisen scheinen, der menschliche Körper im Ganzen noch etwas leichter als Wasser wäre. Jeder, der die ersten Versuche zu schwimmen unternimmt, wird die Bemerkung machen, daß ihn das Wasser hebt, daß er nicht wie ein Stein zu Boden sinkt, sondern vielmehr mit der größten Anstrengung nicht auf den Grund des Wassers, wenn es einigermaßen tief ist, sich hinlegen kann. Die Hauptaufgabe des Schwimmens ist nur die, den Kopf über Wasser zu halten, dieser ist aber gerade der verhältnißmäßig schwerste Theil des Körpers und am geneigtesten unterzusinken. Um je weniger leichter ein schwimmender Körper als Wasser ist, desto tiefer sinkt er ein; der menschliche Körper kann folglich nur schwimmen, wenn ein sehr kleiner Theil desselben über Wasser ist, und der Mensch muß jedenfalls ertrinken, wenn dieser kleine Theil nicht der Kopf ist. Ein geübter Schwimmer hat nur sehr geringe Kraftanstrengung zum Schwimmen nöthig, während ein Unkundiger auch bei den gewaltigsten Anstrengungen ertrinkt, weil jener alle Theile des Körpers im Wasser läßt und nur geschickt den Kopf oben erhält, dieser Arme und Füße eher und weiter nutzlos herausbringt und den Kopf sinken läßt. Einzelne Personen, namentlich fette, sind specifisch um bedeutendes leichter als Wasser. So wird von einem neapolitanischen Mönche Paolo Moccia erzählt, daß er 300 neap. Pfund schwer, um 30 Pfund leichter als ein dem seinen gleiches Volumen Wasser gewesen sei. Derselbe sank im Meere ohne eine besondere Bewegung zu machen nur bis an die Brust ein.

Selbst specifisch viel schwerere Körper als Wasser können auf diesem doch schwimmen, wenn sie eine hinreichend ausgehöhlte Form haben. So hat man z. B. kupferne Kähne (Pontons). Die Berechnung eines solchen Körpers ist leicht. Es sei das absolute Gewicht des festen Körpers $= P$ und der Raum, in dem er ausgedehnt werden muß, sei $= V$ in Cub. Fuß. Es soll ferner sich verhalten das Gew. des Körpers zu dem Gewicht eines gleichen Vol. Wasser $= m : 1$ und das Gewicht von 1 Cub. F. Wasser sei $= g$. Dann beträgt das Gewicht des Wassers, welches den Raum V ausfüllt, gV, man hat folglich

$$m : 1 = P : gV \text{ d. h. } V = \frac{P}{mg}\,^{*)} .$$

*) Beispiel. Man soll eine eiserne Schale in Gestalt einer Halbkugel verfertigen, welche 20 Pfund wiegt. Gesetzt $g = 66$ Pfund. Dann ist also $P = 20$ Pf. und m sei $= \frac{2}{3}$. Wir haben nach der Formel $V = \frac{P}{mg} = \frac{20 \cdot 3}{2 \cdot 66} = \frac{5}{11} = 0{,}455$ Cub. F. Ist nun der Halbmesser der Kugel =

Dünne und kleine Körper von bedeutend größerem specif. Gewichte als Wasser schwimmen, wenn man sie vorsichtig auf Wasser legt, z. B. feine Nähnadeln, Goldblättchen u. dergl., weil die Cohäsion der Wassertheile zu groß ist, als daß sie durch so kleine Gewichte aufgehoben werden könnte.

Bekanntlich schwimmen auch die leichteren Flüssigkeiten auf den schwereren, z. B. Oel auf Wasser. Man kann sie durch Schütteln unter einander mengen, nachdem sie aber zur Ruhe gekommen, lagert sich die leichtere Flüssigkeit über der schwereren. Jede der schichtenweis auf einander liegenden Flüssigkeiten hat eine horizontale Fläche. Man gründet hierauf verschiedene Spielereien. Wenn man z. B. eine mit Wasser gefüllte Glasröhre oben mit einer Kugel mit unterwärts gekehrter Oeffnung in rothen Wein einsenkt, so zieht sich das Wasser nach und nach aus der Kugel und Röhre herab, und der leichtere Wein steigt dagegen durch die Röhre in die Kugel hinauf. Man kann den Versuch leicht so anstellen, daß es den Anschein hat, als werde Wasser in Wein verwandelt. Auch thut man vier Flüssigkeiten von verschiedenem specif. Gewicht, z. B. Quecksilber, zerflossenes Weinsteinsalz, Weingeist und Bergöl zusammen in eine verschlossene Röhre. Man nennt ein solches Glas ein Elementenglas, denn schüttelt man es, so sind die 4 Elemente (welche die Flüssigkeiten darstellen) unter einander gemengt, wie im Chaos und sondern sich dann allmählig.

Seen heißen die größeren rings vom Lande eingeschlossenen, mit dem Meere nicht in unmittelbarer Verbindung stehenden Wasseransammlungen der Erde. Die größten unter ihnen werden auch Meere genannt, und einige zeichnen sich durch besondere Eigenthümlichkeiten aus. Man findet die Seen nicht nur in den ebenen, sondern häufig auch in gebirgigen Gegenden und zwar in beträchtlichen Höhen über der Meeresoberfläche. Der Mont-Cenis hat ohnweit seines höchsten Punktes einen See, der eine halbe franz. Meile lang ist, und eben so liegt auf dem großen Bernhard ein See von 4000 Meter Umfang. Auf dem Mont-Perdu liegt ein See in 2540 Meter Höhe, der Mica bei Antisana ist

---

r, so ist $V = \frac{2}{3} \pi r^3$ also $r = \sqrt[3]{\frac{3V}{2\pi}} = 0{,}6$ F. Nennen wir ϱ den Halbmesser der innern Höhlung der Schale, so ist $r - \varrho$ die Dicke der Schale. Der körperliche Inhalt der Schale ist $= \frac{2}{3} \pi (r^3 - \varrho^3)$. Da aber (das spec. Gew. des Eisens gegen Wasser $= 7{,}645$ angenommen) 1 Cub. Fuß Eisen 504,57 Pfund wiegt, so muß der körperliche Inhalt der Schale $= \frac{20}{504{,}57} = 0{,}0396$ Cub. F. $= \frac{2}{3} \pi (r^3 - \varrho^3)$ sein. Also ist $r^3 - \varrho^3 = \frac{3 \,.\, 0{,}0396}{2\pi}$ und $\varrho = \sqrt[3]{\left(r^3 - \frac{3 \,.\, 0{,}0396}{2\pi}\right)} = 0{,}59$. Folglich ist $r - \varrho = 0{,}01$ gleich der Dicke der eisernen Schale.

4000 Meter und der See von Mexico 7000 F. über der Meeresfläche erhaben. Im Allgemeinen ist der Norden reicher an Seen als der Süden. Durch große und tiefe Seen zeichnen sich das nördliche Rußland, die skandinavische Halbinsel, Schottland, die Schweiz u. Nordamerika aus. In der afrik. Provinz Bornu befindet sich ein See, Tsaad, der eine Länge von 90 franz. Meilen hat. Der Bärensee in Nordamerika ist 150 geogr. Meilen lang, 120 breit und hat bei 45 Faden noch keinen Grund. Die Größe der Seen in den Vereinigten Staaten ist nach Miles (von denen 4 ½ auf eine geogr. Meile gehen) und deren Tiefe nach engl. Füßen folgende:

Namen.	Länge	Breite	Tiefe.
Ontario	180 Miles	40 Miles	1000 F.
Erie	270 „	60 „	400 „
Huron	250 „	100 „	1800 „
Michegan	400 „	50 „	unbek.
Green Bay	105 „	20 „	unbek.
Superior (Obere See)	480 „	109 „	1800 F.

Die Seen empfangen und geben ab ihr Wasser theils auf eine äußerlich sichtbare, theils auf eine nicht in die Augen fallende Weise. Einige Seen nehmen viele Flüsse auf, ohne auch nur einen zu entsenden, andere geben mehren Flüssen den Ursprung, ohne einen aufzunehmen. Im letztern Falle sind es offenbar unterirdische Quellen, welche das Wasser zuführen. Muncke führt folgende Beispiele hierzu an. Unter die Seen, welche viel Wasser aufnehmen und keines oder wenig durch Abfluß verlieren, gehört vorzüglich das Caspische Meer, welches außer mehren kleinen, die großen Flüsse Emba, Ural, Wolga, Kuma, Terek, Kur, Sefyroud, Aster und Tetschien aufnimmt, und sein Wasser vorzüglich durch Verbreitung desselben in den Steppengegenden vermittelst der Verdunstung verliert. Die frühere Vermuthung, daß unterirdische Canäle aus demselben einen Abfluß in das schwarze Meer gewährten, ist durch Engelhardt und Parrot vollständig widerlegt, welche aufgefunden haben, daß sein Spiegel etwa 300 Fuß tiefer liegt. Man schätzt die Menge des einfließenden Wassers auf 23,5 Billionen Cub. F. und die des verdunstenden nur auf 14 Billionen, allein letztere muß auf 19 vermehrt werden, und außerdem tränkt er seine sandigen Umgebungen, die Steppen, wodurch seine Verdunstung bedeutend vermehrt wird. Mit dem Aral, welcher drei große und viele kleine Flüsse aufnimmt, dabei aber salziges Wasser enthält, hat es die nämliche Bewandtniß, und gleichfalls mit dem todten Meere, in welches der Jordan, Kedron, Arnon und Jared fließen. Ihm in jeder Beziehung höchst ähnlich ist der See Urumea oder Urmia in Persien, welcher aus 14 Flüssen sein Wasser erhält, und keinen Abfluß hat; dennoch aber vermindert sich die Höhe seines Wasserspiegels fortwährend. Der Titicaca in Südamerika nimmt 10 große und viele kleine Flüsse auf, ohne einen sichtbaren Abfluß zu haben, und eben so der Tacarigua in Valencia 12 bis 14, z. B. Rios de Aragua, Turmero,

Maracai, Tapatapa, Aguas calientes, Mariara, Cura, Guacaro, Guataparo, Valencia, Canno grande de Camburi u. a. ohne irgend einen Abfluß. Dagegen gibt der Ybera-See in Amerika vier ansehnlichen Flüssen ihr Wasser, und seine Ausdünstung wird bei einem Flächeninhalte von wenigstens 1000 Seemeilen ins Gevierte auf mehr als 70000 Tonnen täglich angeschlagen, dennoch aber erhält er sein Wasser bloß durch unterirdischen Zufluß, vermuthlich aus dem Parana. Er ist durchaus mit Wasserpflanzen, Buschwerk und selbst Bäumen so sehr angefüllt, daß man bis zur Mitte desselben nicht kommen kann, was zu allerhand Sagen von dort lebenden Zwergen u. s. w. Anlaß gegeben hat. Sehr Merkwürdiges wird vom Czirknitzer See erzählt, was indeß in neuerer Zeit zum Theil für Fabel erklärt worden ist. *)

---

*) Sommer theilt über den Czirknitzer und ähnliche Seen Folgendes mit. Der allermerkwürdigste See dieser Art ist der von dem gleichnamigen Flecken so benannte Czirknitzer See im Herzogthum Krain, nicht weit vom Adelsberge. Seine Länge ist ¾, die Breite an einigen Orten ½, an andern nur ¼ Meile. Doch hängt dieß von der Wassermenge ab. Eben so ist sein Umfang in trockenen Jahren nur 4 bis 5, in nassen dagegen 7 bis 8 Stunden. Es ist bekannt, daß man in diesem See zuweilen in Einem Jahre abwechselnd fischen, säen, ernten und jagen kann. Während der trockenen Jahreszeit nämlich fließt das Wasser durch unterirdische Kanäle und Schlünde deren gegen 30 seyn sollen, nach und nach so gänzlich ab, daß der Boden ganz trocken und nach wenigen Wochen in eine fette Weide verwandelt wird, welche eine Menge Landthiere herbeizieht. Auch bauen die Landleute Hirse und Haidekorn darauf an, welche nach ein paar Monaten geärntet werden können. Die Wiesenflächen gewähren eine reiche Heuärnte. Beim Ablaufen des Sees wird eine unglaubliche Anzahl Fische gefangen. Auch eine Menge Wassergeflügel findet man darin. Gegen den Winter hin fängt der See auf einmal an, sich wieder mit Wasser zu füllen, und zwar geschieht dieß weit schneller als zuvor das Ablaufen erfolgte. Denn schon in 24 Stunden ist der See angefüllt, da er hingegen zum Abfließen an 25 Tage bedarf. Das Wasser dringt zum Theil aus denselben Schlünden und Kanälen wieder hervor, welche es vorher verschlungen hatten. Das meiste kommt aus zwei großen Höhlen des an der Südseite gelegenen Berges Jawornik, welche durch eine Menge Seitenklüfte mit andern Höhlen im Innern des Gebirges zusammenhängen. Parrot erklärt diesen Czirknitzer See für eine aussetzende (intermittirende) Quelle (s. d. Art.) nach einem großen Maßstabe. Die ganze Erscheinung des Ab- u. Zufließens hängt wahrscheinlich davon ab, daß der ganze See von einer Menge Höhlen umgeben ist, dergleichen es, (vergl. d. Art. Höhlen S. 102 f.), in den Kalkgebirgen Krains so viele gibt. Einige dieser Höhlen befinden sich unter dem Boden des Sees, andere liegen seitwärts und höher. Heberförmige Klüfte setzen beide mit einander in Verbindung, so daß das in den obern angesammelte Wasser nur alsdann in die untern überfließen kann, wenn es den höchsten Punkt des Hebers erreicht hat, dann aber auch ganz ausfließt. Dafür spricht der Zusammenhang, welcher zwischen dem Wasserstande des Sees und der Wit-

Die meisten Seen haben süßes Wasser, doch gibt es auch viele zum Theil sehr merkwürdige Seen mit salzigem Wasser. Einige Seen zeichnen sich durch vorzügliche Helligkeit ihres Wassers aus. So z. B. hat der Wettersee so helles Wasser, daß sich ein Stück Geld auf dem Boden in einer Tiefe von 126 F. erkennen läßt, und Carver fand den Obern See bei ruhigem Wetter und Sonnenschein so durchsichtig, daß er in freier Luft zu schweben glaubte, und nicht lange in die Tiefe zu sehen vermochte, ohne schwindlig zu werden. Das Wasser des Bärensees ist so hell, daß ein Stück weißen Tuches auf 90 F. Tiefe noch sichtbar bleibt.

---

terung stattfindet, und die daraus entstehenden Unregelmäßigkeiten im Zu- und Abfließen. So gibt es z. B. Jahre, wo er gar nicht abfließt, und wieder andere, wo er sich zwei oder drei Mal verläuft und wieder anfüllt. Indeß will man nie bemerkt haben, daß er länger als vier Monate trocken geblieben. Im Herbst wird er stets angefüllt und bleibt es bis zum Winter, wo er zufriert. Unterdessen nimmt zuweilen das Wasser wieder ab oder verläuft sich auch gänzlich, so daß die Eisdecke bald sich nicht mehr halten kann und mit einem fürchterlichen Krachen zusammenstürzt. Im Frühling erfolgt endlich die zweite Anfüllung. Der Zufluß des Wassers, selbst wenn der See im Sommer gänzlich ausgetrocknet ist, erfolgt zuweilen so plötzlich, daß die Bauern auf dem Getraidefelde oder die Heumäher nicht selten in Lebensgefahr gerathen. Besonders ist es sehr gefährlich, die Grotten und Höhlen zu besuchen, indem man oft selbst kurz nach dem Ablaufe des Wassers vor einer plötzlichen Wiederkehr desselben nicht sicher ist. Aus einigen Klüften spritzt es wie aus einer Spritze oder einem Springbrunnen, aus andern bricht es wie ein gewaltiger Strom hervor; bei noch andern bringt es nur tropfenweise aus den Felsenspalten heraus. Eben so verschieden ist der Abfluß. In einige Schlünde stürzt sich das Wasser mit der größten Heftigkeit, durch andere fließt es wie durch kleine Sieblöcher ab. Zwei der abführenden Klüfte sind unter den Namen des großen und kleinen Trommelschlägers bekannt, da sie nach Ablauf des Wassers ein trommelähnliches Getöse von sich geben, welches vom Windzuge herrührt. — Der Czirknitzer See soll mit dem benachbarten, tiefer liegenden See von Planina in Verbindung stehen.

Ein Seitenstück zu diesem Czirknitzer See, obwohl in kleinerem Maßstabe ist der Eichner See im Großherzogthum Baden, unweit des Fleckens Eichen im Treisamkreise. Auf dem Boden befinden sich eine Menge kleiner Löcher, wie von Regenwürmern gebildet, durch welche das Wasser zuweilen so gänzlich abläuft, daß nur in der Mitte ein Schlammgrund übrig bleibt, der übrige Grund aber zum Getraidebau und als Wiese benutzt werden kann. Das Anschwellen dieses Sees ist zu andern Zeiten so stark, daß er 8 bis 10 Juchart Landes einnimmt. Von der Witterung scheint das Anfüllen und Verschwinden nicht abzuhangen, denn man hat beides sowohl bei trockener als regnerischer Witterung eintreten sehen. Eben so wenig finden bestimmte Zeiträume dabei statt. Der See ist oft 2 bis 3 Jahre ohne Wasser gewesen und zu andern Zeiten hat er sich jähr-

Aus den salzigen Seen wird zum Theil Kochsalz gewonnen. Dieß ist namentlich der Fall bei mehren afrik. Seen, z. B. in der Nähe der Kapstadt, in Amerika z. B. auf der Halbinsel Araya, in Europa besonders in Siebenbürgen, in Asien vorzüglich in Sibirien. Der Griäsnoje-Osero, östlich vom Jaik, welcher 20 Werste im Umfange hat, erzeugt am Rande und auf dem Boden in trockenen Jahreszeiten eine Salzrinde von Fingersdicke. Noch ergiebiger an Salz ist der Indersksche See, 80 Werste im Umfange, welcher viele Flüßchen von gesättigter Soole aufnimmt, so daß in Folge der Verdunstung das Salz bis zur Dicke einer halben Arschine vollkommen weiß darin niederfällt. Der Alton im Astrachanschen erzeugt so viel Salz in Schichten, welche weggebrachen werden, daß im Sommer meistens 1000 Menschen dabei arbeiten. Ein See im Mansfeldschen, eine Meile lang und eine halbe breit, hat einen Salzgehalt genau wie die Ostsee, ohngeachtet er mit einem süßes Wasser haltenden See in Verbindung steht. Noch merkwürdiger aber ist, daß nach Pallas manche Seen in Sibirien früher süßes Wasser hatten, und jetzt salzig sind, z. B. der Tschubaret, welcher früher viele Süßwasserfische hatte, jetzt aber salzig und bitter ist. Auch der See Möris soll nach Andreossy ehemals süßes Wasser gehabt haben, womit die Umgegenden bewässert wurden, jetzt aber ist er salziger als das Mittelländische Meer. Nach Strabo enthielten die gegenwärtig bitteren Seen des Isthmus von Suez süßes Wasser. Andere haben Natron, z. B. in Ungarn, Aegypten u. a., ein See in Thibet liefert Tinkal und Natron; viele Seen haben Wasser von der Art des Meeres, z. B. das Caspische Meer und andere sibirische, jedoch ist der

---

lich zwei bis dreimal angefüllt. Auch weiß man nicht, woher das Wasser kommt und wohin es geht. Einige vermuthen, daß ein unterirdischer Zusammenhang mit dem etwa eine Meile davon entfernten Rheine vorhanden sei. Merkwürdig ist auch noch die ätzende Schärfe des graubläulichen Wassers in diesem See. Es leben daher nur Frösche und Kröten darin. Auch in Rußland, im Uschytzker Kreise der Statthalterschaft Podolien, befindet sich ein merkwürdiger See dieser Art, freilich nur eine Werst lang und 260 Schritte breit. Er wird durch den kleinen Fluß Tarnawa, unterhalb des Dorfes Tymna, auf dem Gebiete des Gutes Nesterowiec gebildet. Regelmäßig sieben Jahre lang erhält sich dieser kleine See in den angegebenen Grenzen seines Wasserspiegels. Nach dieser Zeit verschwindet das Wasser im Laufe eines Monates ganz und gar. Der Fluß Tarnawa verliert sich hier ebenfalls in dem Boden, bricht erst einige Werste unterhalb wieder aus der Erde hervor und setzt seinen Lauf in einem nicht unbedeutenden Strombette fort. Der Boden des nun ganz ausgetrockneten Teiches wird im ersten und zweiten Jahre, weil die Erde noch sehr weich ist, nur zum Anbau von Roggen, Hanf und Mais benutzt, vom dritten Jahre aber bis zum siebenten gedeihen alle Getraidearten ganz vorzüglich darauf. Nach sieben Jahren stellt sich das Wasser wieder ein und bildet im Laufe eines Monats aufs Neue jenen See an derselben Stelle. Dieser siebenjährige Wechsel findet seit Menschengedenken statt.

Salzgehalt der eingeschlossenen Meere im Allgemeinen geringer, als der des Oceans. Unter die merkwürdigsten Seen gehört das todte Meer, welches, gegen 12 Meilen lang und in der Mitte 3 Meilen breit, selbst in der Umgegend durch schreckliche Oede ein Bild des Todes gibt. Den Eingang zu demselben macht ein Salzthal, worin sich ein mächtiges Salzlager befindet, aus welchem an mehren Stellen große Salzfelsen h rvorragen, weswegen die sogenannten Loth's-Säulen von den verschiedenen Reisenden an verschiedenen Stellen angegeben werden. Dort holen die Araber Salz, welches nebst Asphalt die einzige nutzbare Substanz jener Gegenden ist. Dasjenige Asphalt, welches im See in großer Menge schwimmt, ist lockerer, und kommt schwerlich nach Europa, mehr das in der Nähe gegrabene. Außerdem findet sich dort etwas Schwefel. Der See hat weder Pflanzen noch Conchylien noch Fische, und blos eine kleine Gattung Krebse lebt darin. An seinem Südende ist er so seicht, daß er durchwatet werden könnte, wodurch der Weg nach Palästina beträchtlich abgekürzt würde, aber das Wasser wird auf dieser langen Strecke von 5 Stunden für die Füße unangenehm. Die Römer befuhren ihn in leichten Schiffen von Rohr, um das Bitumen zu holen, gegenwärtig ist er ganz leer. Sein Wasser ist klar und geruchlos, aber das salzigste in der Welt, und hat daher das größte specifische Gewicht, weßwegen man nicht darin untertauchen kann. An der Ostseite legt sich das Salz in fußdicken Schollen an, und alle Gegenstände werden damit inkrustirt; selbst seine Ausdünstung und das durch Winde fortgerissene Wasser überzieht die benachbarten Gegenstände und Kleider der Reisenden mit Salz. Zur Zeit der Hitze ist die Ausdünstung ungesund, und nach Seetzen stets wie Seewasser riechend. Nicht selten steigen Rauchsäulen aus demselben auf, namentlich lagen zur Zeit des großen Erdbebens in Syrien anhaltend dicke Rauchwolken auf der ganzen Gegend, welche nur selten von Reisenden besucht wird, schon wegen der dortigen höchst wilden und räuberischen Stämme. Das Wasser ist warm, vermuthlich durch die Asphaltquellen, indem di se Substanz wenigstens häufig als flüssige Masse emporquillt, und erst an der Oberfläche mehr erhärtet. Das Wasser dieses Sees ist oft chemisch untersucht, namentlich durch Klaproth, nach welchem in 100 Theilen desselb n 10,6 salzs. Kalk, 24,2 salzs. Talk und 7,8 salzs. Natron enthalten sind. Gay-Lussac fand seine Eigenschwere bei 17° C. = 1,2283 und in 100 Theilen 6,95 Kochsalz, 3,98 salzs. Kalk, und 15,31 salzs. Talk. Nach Hermbstedt's Analyse beträgt das spec. Gew. bei 12°,5 R. 1,24 und es finden sich in 100 Theilen an freier Salzsäure 0,507; schwefelsaurer Kalk 0,004; schwefels. Natron 1,597; Chloreisen im Max. 0,335; Chlorkalium 0,275; Chlornatrium 4,859; Chlorcalcium 4,250; Chlormagnium 15,755, zusammen 27,584. Nach Lavoisier ist sein spec. Gew. = 1,24062, nach C. G. Gmelin = 1,21223. Daß man bei niedrigem Wasserstande noch Spuren zerstörter Städte dort finden solle, ist nach neueren Berichten zweifelhaft. Der Sarnoje-Osero unweit des Flusses Surgut wird aus schwefelhaltigen Quellen gebildet, und da er in einem eingeschlossenen Thale iegt, so ist er schaudererregend anzusehen und verbreitet auf drei Werste

im Umkreise einen schrecklichen Geruch. Sein klares Wasser ist 37° C. warm, erzeugt am Boden einen schwarzen Niederschlag, im tiefen Abzugscanale aber einen weißen Ueberzug, wird nach 50 Faden trübe, zuletzt milchweiß, und färbt den Fluß Surgut. Ein sehr schweres und stark salziges Wasser enthält der Urumea oder Urmia in den vulcanischen Gebirgen am Ararat. Er hat 300 engl. Meilen im Umfange, und nährt gleichfalls keine Fische. Das spec. Gew. des Wassers soll (ohne Zweifel zu groß) = 1,16507 sein, und 500 Theile desselben sollen 85,00 Kochsalz, 10,08 salzs. Talk und 40,26 schwefels. Natron, im Ganzen 135,34 oder in 100 Theilen 27,05 enthalten.

Wie das Wasser mancher Quellen, so hat auch das Wasser einiger Seen die merkwürdige Eigenschaft, daß es eingeworfene Pflanzenkörper versteinert. Ein solcher See ist der Lough-Neagh in Irland und in Persien bei Chiramyn gibt es nach Morier sogar sich versteinernde Seen. Derselbe gibt in dieser Beziehung folgende Notizen: „Diese Naturmerkwürdigkeit besteht aus einigen auffallenden Teichen oder Lachen, deren träge Wasser in einem langsamen und regelmäßigen Bildungsverlauf (?) stocken, erstarren und versteinern, und so jenen schönen durchsichtigen Stein hervorbringen, der gewöhnlich Tabrizer Marmor heißt, auf den meisten persischen Begräbnißplätzen so merkwürdig und an allen ausgezeichneten Gebäuden der Gegend eine Hauptzier ist. Diese Teiche, welche dicht neben einander liegen, sind innerhalb einer halben Meile Umfangs enthalten, und ihre Lage ist mit unter einander liegenden Steinhaufen und Hügeln bezeichnet, welche mit den vermehrten Ausgrabungen sich vermehrt haben. Man kann den Versteinerungsprozeß vom Anfang bis zum Ende verfolgen. An einer Stelle ist das Wasser klar, an einer zweiten sieht es dicker und stockend aus, an einer dritten ganz schwarz und an der letzten weiß, wie Rauchfrost. In der That sieht ein versteinerter Teich wie gefrornes Wasser aus, und ehe der Prozeß vollendet ist, bricht ein leicht darauf geworfener Stein die äußere Decke und das schwarze Wasser darunter dampft aus. Ist der Prozeß vollendet, so macht ein Stein keinen Eindruck mehr und man kann darüber gehen, ohne sich einen Schuh naß zu machen. Ist in die Versteinerung eingehauen worden, so kann man den merkwürdigen Entstehungsprozeß klar sehen und es sieht aus wie Bogen von grobem Papier, die auf einander geschichtet sind. Das Streben des Wassers, Stein zu werden, ist so groß, daß, wo es vom Grunde herauf in Blasen aufsteigt, die Versteinerung die Form von Kügelchen annimmt, als ob die Quellblasen durch einen Zauberschlag in ihrem Spiele angehalten und in Marmor umgestaltet würden. Der so hervorgebrachte Stoff ist bröcklich, durchsichtig, und zuweilen grün, roth und kupferfarbig geädert. Er läßt sich in ungeheure Platten schneiden und nimmt einen schönen Glanz an. Der Stein wird so sehr als ein Luxusartikel angesehen, daß nur der König, seine Söhne und durch besondern Firman dazu bevorrechtete Personen ihn ausgraben dürfen. Der See ist gewöhnlich unter dem Namen Deria Schahi oder der königliche See bekannt, und soll zwölf Parasangen (Stunden) im Umfang haben.“

Sehwinkel heißt der Winkel, den zwei vom Auge aus nach den Endpunkten eines Körpers gehende gerade Linien mit einander machen, aus dessen Größe man die wirkliche Größe des Gegenstandes berechnen kann, sobald die Entfernung desselben bekannt ist. S. d. Art. Gesicht S. 679.

Selbstverbrennungen lebendiger thierischer Körper. Es ist eine unbestreitbare, aber bis jetzt durchaus in ihren Gründen unerforschte Thatsache, daß lebende thierische namentlich menschliche Körper von selbst sich entzünden und verbrennen. Brewster hat eine Anzahl derartiger interessanter Fälle wie folgt zusammengestellt. „Daß thierische Körper durch inneres Verbrennen zerstört werden können, war den Alten sehr wohl bekannt. Mehre Fälle, die als Beispiele des freiwilligen Verbrennens angeführt wurden, müssen als Folgen einer starken elektrischen Erregung, deren diese Personen fähig waren, betrachtet werden. Von einem dieser Fälle berichtet Peter Bovisteau, daß die auf diese Art hervorgebrachten Funken die Haare eines jungen Mannes in Asche verwandelten. Johann de Viana erzählt, daß die Frau des Dr. Freilas, Arzt des Erzbischofes von Toledo, Cardinal de Royas, durch die Ausdünstung einen brennbaren Stoff von solcher Beschaffenheit aussonderte, daß, wenn das Band, welches sie über dem Hemde trug, abgenommen und der kalten Luft ausgesetzt wurde, es sich sogleich entzündete und Funken wie Schießpulver sprühete. Peter Borelli erwähnt einer andern Thatsache ganz ähnlicher Art. Das Leinenzeug eines Bauers fing Feuer; dasselbe mochte feucht in einen Kasten gelegt, oder an der freien Luft aufgehängt werden. Derselbe Verfasser erzählt den Fall, daß eine Frau, dem Tode nahe, Flammen auswarf. Thomas Bartholin bemerkt, daß diese Erscheinung sich öfters bei Menschen, die Wein oder Branntwein im Uebermaß genießen, ereigne. Ezechiel von Castro führt den merkwürdigen Fall von Alexandrinus Megetius, einem Arzte, an, bei dem aus einem seiner Rückenwirbel Feuer hervorbrach, welches die Augen der Beschauer versengte. Krantzius berichtet, daß während der Kriege Gottfrieds v. Boulogne gewisse Leute aus dem Gebiete von Nivers von unsichtbarem Feuer verzehrt wurden; daß einige derselben sich die Hand oder den Fuß, wofern daselbst das Brennen begann, abschnitten, um dem Uebel Einhalt zu thun. Diese Ereignisse beschränkten sich nicht bloß auf Menschen. Währdend des Consulates von Gracchus und Juventius soll eine Flamme aus dem Maule eines Ochsen hervorgekommen sein, ohne daß das Thier beschädigt worden wäre.

Der Leser möge selbst beurtheilen, wie viel Glauben man den hier mitgetheilten Erzählungen schenken könne, indem er sie mit Ereignissen vergleicht, die in weniger fabelhaften, spätern Zeiten stattgefunden haben. Johann Heinrich Cohausen berichtet, daß ein polnischer Edelmann zur Zeit der Königin Bona Sforza, nachdem er zwei Gläser Branntwein getrunken, Flammen auswarf, von denen er verbrannt wurde. Thomas Bartholin beschreibt ein ähnliches Ereigniß folgendermaßen: „Eine arme Frau zu Paris trank drei Jahre

lang geistige Getränke in reichlicher Menge, und genoß außerdem beinahe gar nichts. Ihr Körper nahm eine so verbrennliche Disposition an, daß eine Nacht, als sie auf einer Streu lag, sie bis auf den Schädel und die Fingerspitzen zu Asche verbrannte." Johann Christian Sturm erzählt in den Ephemeriden, daß im nördlichen Europa denen, welche dem Genuß geistiger Getränke im Uebermaß ergeben sind, der Branntwein aus dem Halse brenne; er fügt hinzu: „daß siebzehn Jahre früher drei kurländische Edelleute um die Wette Branntwein tranken, und daß zwei von ihnen von einer aus ihrem Magen hervorbrechenden Flamme verbrannt worden und in Folge davon gestorben wären.

Einer der merkwürdigsten Fälle des freiwilligen Verbrennens ist der der Gräfin Cornelia Zangari und Bandi von Cesena, welcher von dem ehrwürdigen Joseph Bianchini, Canonicus zu Verona, umständlich beschrieben worden ist Diese Dame, welche in dem 62sten Lebensjahre war, ging bei völligem Wohlbefinden zu Bette. Sie unterhielt sich hier ungefähr 3 Stunden vertraulich mit ihrem Mädchen, und verrichtete ihr Abendgebet. Da sie in Schlaf fiel, so wurde die Thür des Zimmers verschlossen. Als das Dienstmädchen um die gewöhnliche Zeit nicht gerufen wurde, so ging sie in das Schlafzimmer, um ihre Gebieterin zu wecken; da sie jedoch keine Antwort erhielt, öffnete sie das Fenster, und erblickte jetzt den todten Körper der Gräfin auf dem Fußboden in einem höchst traurigen Zustande. In einer Entfernung von etwa 4 Fuß vom Bette lag ein Haufen Asche. Die Unterschenkel, noch mit den Strümpfen bekleidet, waren unversehrt, und der halb verbrannte Kopf lag zwischen denselben. Fast alle anderen Theile waren in Asche verwandelt. Die Zimmerluft war mit fliegendem Ruß erfüllt. Eine kleine Oellampe auf dem Fußboden war mit Asche bedeckt, allein ohne Oel. Auf zwei Leuchtern, welche auf einem Tische standen, befanden sich die baumwollenen Dochte, das Talg war jedoch verschwunden. Das Bett war nicht verletzt, die Betttücher und Decke waren zurückgeschlagen, wie wenn eine Person aufgestanden ist. Aus der Prüfung aller Umstände kam man allgemein zu der Ueberzeugung, daß eine Selbstverbrennung stattgefunden habe, und die Dame aufgestanden sei, um sich abzukühlen. In dieser Absicht scheint sie nach dem Fenster geeilt zu sein, allein auf dem Wege dahin scheint das Verbrennen sie überwältigt zu haben, wodurch ihr Körper verzehrt wurde, ohne daß sich Flamme erzeugte, welche die Umgebungen in Brand zu setzen vermocht hätte. Der Marquis Scipio Maffei erfuhr von einem italienischen Edelmanne, der wenige Tage nach diesem Ereignisse durch Cesena reiste, daß man ihm daselbst erzählte, die Gräfin Zangari wäre gewohnt gewesen, wenn sie sich unwohl fühlte, ihren ganzen Körper mit Kampherspiritus zu waschen.

Im Jahre 1744 ereignete sich ein ähnlicher Fall einer Selbstverbrennung zu Ipswich. Eine Fischerfrau, Namens Grace Pett, aus dem Kirchspiele St. Clements, war seit mehren Jahren gewohnt, jede Nacht halb angezogen die Treppe herabzugehen, um eine Pfeife zu rauchen. Dasselbe that sie am 9. April 1744. Ihre Tochter, die mit

ihr in demselben Bette lag, war eingeschlafen, und vermißte die Mutter nicht eher, als beim Erwachen am andern Morgen. Nachdem sie sich angezogen hatte, und die Treppe herabgegangen war, fand sie den Körper der Mutter auf der rechten Seite liegend, mit dem Kopfe gegen den Rost gekehrt, auf dem Feuerheerde ausgestreckt und mit ihren Füßen auf der Diele. Sie ähnelte einem Stücke Holz, welches glimmte ohne zu flammen. Nachdem sie das Feuer mit zwei Eimern gelöscht hatte, wurden die durch das Geschrei der Tochter herbeigerufenen Nachbarn fast von dem sich verbreitenden Geruche erstickt. Der Rumpf der unglücklichen Frau war beinahe in Asche verwandelt, und glich einem mit weißer Asche bedeckten Haufen Kohlen. Der Kopf, die Arme, so wie die Ober- und Unter-Schenkel waren sehr verbrannt. Auf dem Roste fand man keine Spur von Feuer; das Licht war in der Dille des Leuchters, welcher neben ihr stand, ausgebrannt. Die Kleider eines Kindes, welche auf der einen Seite neben ihr lagen, so wie ein Schirm aus Papier, welcher auf der andern Seite stand, waren unversehrt; auch war der hölzerne Fußboden nicht versengt, noch mißfarbig. Man sagte die Frau habe den Abend vorher, um eine Tochter, die kürzlich von Gibraltar zurückgekehrt war, zu bewillkommnen, ein Uebermaß von Branntwein getrunken.

Selen, ein im J. 1817 von **Berzelius** in den Rückständen von der Schwefelsäurebereitung entdeckter Stoff, der wegen seines metallischen Ansehens in der Regel zu den Metallen gezählt wird, aber übrigens dem Schwefel sich ziemlich ähnlich verhält. Er findet sich als röthlicher Niederschlag verbunden mit Schwefel und vielen Metallen, der sich in den Bleikammern, bei der Schwefelsäurebereitung mittelst Verbrennung des Schwefels und Salpeters, absetzt, ferner als natürliches Vorkommniß im Selenkupfer, Eucairit, den Tellurerzen, und einigen Schwefelkiesen Schwedens, nach neuesten Entdeckungen auch als Selenblei, Selenbleikobalt, Selenbleikupfer, Selenblei-Quecksilber. Gewöhnlich erscheint reines Selen als eine dunkelbleigraue, metallisch-glänzende, an den Kanten durchscheinende Masse. Sie ist bei gewöhnlicher Temperatur fest und spröde, krystallisirt schwer auf dem Wege der Sublimation, in Krystallen, die dem des Schwefels zu gleichen scheinen. Fein zertheilt erscheint sie als rothes Pulver. Dabei ist sie geruch- und geschmacklos leicht schmelzbar und flüchtig, und Nichtleiter der Elektricität. Spec. Gew. 4,3. Das Selen ist gleich dem in Wasser gegossenen Schwefel, zähe und dehnbar. Man hat in Folge dieser Eigenschaft auf kleine Medaillen aus dieser Substanz zu Ehren des Entdeckers dessen Bildniß abgedruckt. Der Verbindungen des Selens mit Sauerstoff sind vier: 1) **Selenoxyd**, farblos durchsichtiges Gas, von durchdringendem, rettigähnlichem Geruch, das durch Erhitzung des Selens an der Luft entsteht; 2) **die selenichte Säure** sublimirt in glänzenden Nadeln von säuerlich-brennendem Geschmack, entwickelt gelbliche, stechend saure Dämpfe, ist flüchtig und leicht im Wasser löslich. Mit den Basen, zu welchen sie starke Verwandtschaft zeigt, bildet sie die im Wasser meist löslichen, selenichtsauren Salze, welche indessen, so wie

die selenichte Säure, durch schwefelichte Säure und schwefelichtsaure Salze zerlegt werden, wobei sich Selen ausscheidet; 3) Selensäure ist, sobald sie Wasser hält, tropfbar flüssig, farblos; die concentrirte von 2,625 spec. Gew. Erhitzt man sie bis 224° R., so zersetzt sie sich in Sauerstoff und selenichte Säure. Ihre Verwandtschaft zum Wasser, mit dem sie sich, wie mit Vitriolöl erhitzt, ist bedeutend, nicht geringer die zu den Basen. Sie löst selbst Gold auf. Durch schwefelichte Säure wird sie nicht zerlegt, dagegen durch Salzsäure in selenichte Säure verwandelt, wobei Chlor frei wird. Die selensauren Salze zeigen viel Aehnlichkeit mit den schwefelsauren, und gleiche Krystallisation.— 4) Die Hydroselensäure, ähnlich der Hydrothionsäure, ist ein farbloses Gas, welches reichlich vom Wasser absorbirt wird, und Entzündung der Augen, Husten u. s. w. erregt. Diese Säure schlägt, wie die Hydrothionsäure, mehre Metalle aus ihren Lösungen als Selenmetalle nieder. Auch mit Chlor und andern Körpern verbindet sich das Selen, welche Verbindungen den analogen Schwefelverbindungen größtentheils nahe kommen.

Sextant, Hadley's, ein nach seinem Erfinder benanntes, astronomisches Instrument, welches bestimmt ist, die Winkel zweier Gegenstände in jeder Richtung desselben gegen den Horizont selbst dann zu messen, wenn der Beobachter keinen festen Stand hat, weßwegen das Instrument besonders für Schiffe brauchbar ist. Es besteht im Allgemeinen*) aus einem Kreissector AqO (Fig. 255.), um dessen Mittelpunkt q sich eine Alhidade qM bewegt, welche bei M einen Vernier und bei q einen Spiegel trägt. Die spiegelnde Fläche desselben geht durch den Mittelpunkt q des Kreissectors und ist mittelst einer Vorrichtung Q auf seiner Rückseite senkrecht auf die Ebene des Sectors befestigt. Ein anderer kleinerer Spiegel ist bei P ebenfalls senkrecht auf die Ebene des Sextanten und so befestiget, daß er sehr nahe parallel mit der Linie qO geht, die den Mittelpunkt q des Sextanten mit dem ersten oder dem Anfangspunkte O des eingetheilten Randes AB verbindet. Wenn daher die Alhidade QM mit ihrem Spiegel q so gestellt wird, daß der Index der Alhidade M durch diesen Anfangspunkt O der Theilung geht, so sind die Ebenen beider Spiegel zu einander parallel.

Die obere Hälfte des kleinen Spiegels P ist durchbrochen, so daß der Lichtstrahl von einem entfernten Objecte H durch diesen offenen Theil des Spiegels unmittelbar in das Auge C oder in das, auf diesen Spiegel nahe senkrecht gestellte Fernrohr DC kommen kann. Wird nun die Alhidade QM mit dem daran befestigten Spiegel q so lange gedreht, bis der Strahl eines zweiten Objectes K in der Richtung Kq auf den großen Spiegel kömmt und von demselben in der Richtung qP auf den untern Theil des kleinen Spiegels P reflectirt wird, von welchem er endlich in der Richrung PC in das Fernrohr oder in das Auge C des Beobachters fällt, so sieht dieses Auge zugleich das

*) Nach Littrow der Himmel, seine Welten ꝛc. Stuttg. 1835.

Object H durch die unmittelbaren Strahlen desselben u. das Object K durch die von beiden Spiegeln zweimal reflectirten Strahlen, in dem Felde des Fernrohrs, und man wird dann der Alhidade QM durch ihre Mikrometerschraube m noch eine kleine Bewegung geben können, durch welche man es dahin bringt, daß die Bilder der beiden Gegenstände H und K sich im Felde des Fernrohrs genau decken oder auf einander fallen. Da nun bei jedem Spiegel der einfallende Strahl Kq und der zurückgeworfene qP und eben so auch qP und PD mit der Ebene des Spiegels q oder P immer denselben Winkel bilden und da, wie bereits erwähnt, die Ebene des kleinen Spiegels P mit der Linie qO des Anfangspunktes der Theilung parallel ist, so sieht man leicht, daß bei einer solchen Stellung der Alhidade QM, für welche die Bilder der beiden Objecte H und K sich in dem Fernrohre decken, der Winkel, welchen beide Spiegel mit einander bilden oder, was dasselbe ist, daß dann der Winkel OqM der Alhidade mit jener Linie qO des Anfangspunktes der Theilung d. h. also, daß der von dem Vernier M der Alhidade von jenem Anfangspunkte O an durchlaufene Bogen gleich ist der Hälfte des Winkels, welchen die beiden Objecte H und K in dem Auge des Beobachters bilden.

Aus dieser Ursache theilen auch die Künstler den Kreisbogen AB so ein, daß jeder halbe Grad dieses Kreises durch seine beigesetzten Zahlen schon als ein ganzer betrachtet wird, so daß daher der an dem Instrumente unmittelbar abgelesene Bogen auch sofort gleich dem gesuchten Winkel HCK ist, welchen die beiden Objecte in dem Auge C des Beobachters bilden.

Diese Deckung der beiden Bilder im Fernrohre wird offenbar auch dann nicht gestört, wenn man den Sextanten um sein Fernrohr, gleichsam um die Axe CD dreht oder wenn man auch diese Bilder aus dem Mittelpunkte des Feldes an den Rand desselben führt. Und eben dieß ist es, was dieses Instrument zur See so brauchbar macht, wo man es während der Beobachtung mittelst der Handhabe E in freier Hand zu halten pflegt, so daß ungeachtet der Schwankungen des Schiffes die beiden Bilder der Gegenstände doch immer in dem Felde des Fernrohrs erhalten werden können. Bemerken wir noch, daß zur Beobachtung der Sonne eigens gefärbte Blendgläser bei a und b angebracht sind, die man aufwärts dreht, um das Gesicht gegen die Sonnenstrahlen durch diese Gläser zu schützen, die also auch für minder hellleuchtende Gegenstände wieder zurückgeschlagen werden.

Um die Winkeldistanz zweier Gegenstände z. B. zweier Thürme oder Gestirne mit dem Sextanten zu messen, halte man das Instrument bei seiner Handhabe E mit der rechten Hand so, daß der eine H dieser Gegenstände, durch den obern Theil des kleinen Spiegels P, unmittelbar in dem Fernrohre CD erscheint, so daß also die Axe dieses Fernrohrs in die Richtung CDH des einen dieser Gegenstände gebracht wird. Dann drehe man die Fläche des ganzen Sextanten um dieses Rohr, als um seine Axe, so lange, bis diese Fläche auch durch den andern Gegenstand K geht, und in dieser Lage des Sextanten (wo

also der erste Gegenstand H immer im Felde des Fernrohrs bleibt) bewege man die Alhidade QM so lange, bis auch der zweite Gegenstand K, sammt dem ersten, im Fernrohre erscheint. In dieser Stellung der Alhidade befestige man sie, durch ihre Druckschraube, an die Fläche des Sextanten und bewege sie dann mittelst ihrer Mikrometerschraube in noch etwas, bis die Bilder der beiden Gegenstände sich in dem Felde des Rohrs vollkommen decken. Die Zahl des Theilstriches, bei welchem dann der Vernier der Alhidade steht, gibt den gesuchten Winkel der beiden Gegenstände H und K.

Wenn man aber nicht die Distanz zweier Gestirne, sondern die Höhe eines derselben finden will, so braucht man dazu noch einen Horizont, am besten eine mit Quecksilber gefüllte Schale. Dann richtet man das Fernrohr des Sextanten so, daß man damit unmittelbar, durch den oberen Theil des kleinen Spiegels, das Bild des Gestirns in diesem Horizonte zieht, worauf man die Ebene des Sextanten um das Fernrohr, als um eine fixe Axe dreht, bis diese Ebene in eine verticale Lage kommt. Hat man dieß erreicht, so bewege man, indem man immer das von dem Horizonte reflectirte Bild des Gestirnes im Fernrohre festhält, die Alhidade QM so lange auf oder ab, bis auch das zweite, von dem großen und dem untern Theile des kleinen Spiegels reflectirte Bild, zugleich mit jenem, in dem Felde des Fernrohrs erscheint, worauf man wieder die Alhidade durch ihre Druckschraube feststellt und durch die Mikrometerschraube in beide Bilder zur genauen Bedeckung bringt. Die jetzt von der Alhidade angegebene Zahl der Theilstriche ist die doppelte Höhe des beobachteten Gestirns.

Um den Quecksilber-Horizont vor dem Luftzuge zu beschützen, bedeckt man ihn mit einem Dache von zwei Glasplatten, deren Flächen einander genau parallel sind. Statt des Glases wird man sicherer diejenige Glimmergattung anwenden, die unter dem Namen Frauenglas oder Miroir d'ane bekannt ist, da diese schon von der Natur in vollkommen parallele Blätter gespalten wird. Künstliche Horizonte, die aus Spiegeln bestehen und mit Libellen horizontal gestellt werden, sind nie so sicher, wie jene natürlichen. Auf dem Meere endlich bedient man sich zu diesem Zwecke des Horizontes, d. h. derjenigen Linie, welche die Oberfläche des Meeres von dem Himmel trennt, indem man diese Linie mit dem zu beobachtenden Gestirn im Felde des Fernrohrs zur Bedeckung bringt.

Auch dieses Instrument muß, ehe es zu den Beobachtungen verwendet wird, zuerst in allen seinen Theilen berichtiget seyn. Die wichtigste dieser Berichtigungen betrifft den sogenannten Collimationsfehler des Sextanten. Es sollen nämlich, wie gesagt, beide Spiegel auf der Ebene des Sextanten senkrecht stehen, und überdieß, wenn die Alhidade auf Null steht, einander parallel seyn. — Man stelle also die Alhidade in die Nähe des Nullpunktes der Eintheilung und sehe durch das Fernrohr auf irgend einen wohl begrenzten Gegenstand. Mit einer geringen Bewegung der Alhidade wird man dann das unmittelbar durch den oberen Theil des kleinen Spiegels sowohl, als auch das mittelbar durch den großen Spiegel reflectirte Bild desselben Ge-

genstandes in dem Fernrohre erblicken, worauf man beide, durch die Mikrometerschraube, zur genauen Deckung bringt. Steht in diesem Zustande die Alhidade nicht auf Null, sondern z. B. auf 0° 30′ des eingetheilten Randes, auf der Seite von dem Nullpunkte O nach A, so muß man von allen mit dem Instrumente beobachteten Winkeln diese Größe 0° 30′ subtrahiren, um den wahren Winkel zu erhalten. Man wird ihn addiren, wenn die Alhidade auf der andern Seite zwischen O und B stände. Kann man aber bei dieser Untersuchung die beiden Bilder desselben Gegenstandes nicht zu einer genauen Bedeckung bringen, sondern gleiten sie, wenn man die Alhidade bewegt, neben einander hin, so ist dieß ein Zeichen, daß der kleine Spiegel nicht senkrecht auf der Ebene des Sextanten steht. In diesem Falle wird man dann dem kleinen Spiegel durch die unter ihm, auf der hinteren Fläche des Sextanten, hervorstehende Schraube die gehörige Neigung gegen diese Fläche geben, damit er darauf senkrecht steht, d. h. damit die beiden Bilder in der That zur Bedeckung gebracht werden können.

Besser ist es noch, zur Bestimmung jenes Collimationsfehlers nicht ein terrestrisches Object, sondern die Sonne zu nehmen. Bringt man dann die beiden Bilder derselben an ihrem sehr scharf begränzten Rande an den entgegengesetzten Seiten dieses Randes zur Bedeckung, und liest für beide Bedeckungen den Stand der Alhidade ab, so ist die halbe Differenz der beiden Lesungen der Collimationsfehler des Instruments, und die halbe Summe derselben ist gleich dem Durchmesser der Sonne, wodurch man, da dieser Durchmesser aus den astronomischen Ephemeriden bereits bekannt ist, zugleich ein Prüfungsmittel hat, ob die beiden Beobachtungen in der That gut und verläßlich sind.

Sicherheitslampen nennt man Lampen, die ohne Gefahr an feuergefährlichen Orten, namentlich solchen, wo entzündliche Gase verbreitet sind, zur Beleuchtung angewendet werden. Am berühmtesten und am meisten angewendet ist die Davy'sche Sicherheitslampe, welche vorzugsweise für Bergwerke bestimmt ist, in denen sich explodirende Gasarten finden. Davy machte nämlich die Entdeckung, daß glühende Drähte die brennbaren Gase nicht entzünden, und daß die verbrennenden Gase durch ein Drahtgeflecht die Entzündung in das umgebende Gas nicht fortpflanzen. Hiernach konstruirte er die Fig. 256. abgebildete Lampe, eine gewöhnliche Oellampe von cylinderförmiger Gestalt mit dem Dochte in der Mitte. A ist das Oelgefäß, a ein oben mit einer Schraube verschließbares Seitenrohr, k ein Draht, welcher dient den Docht höher oder niedriger zu stellen. Oben ist der Ring bc an die Lampe geschraubt, welcher drei Eisenstäbchen trägt, die oben in einem Haken, an dem die Lampe getragen wird, zusammenkommen. Das wesentlichste Stück ist das an den Ring bc befestigte, zwischen den Eisenstäbchen stehende Drahtgeflecht, welches seitwärts und oberwärts die Flamme der Lampe umgibt. Man macht diese Drahtgeflechte aus Messing oder Kupferdraht von 0,025 bis 0,015 engl. Zoll Dicke, so daß die Weite der Maschen nicht mehr als 0,05 engl. Zoll beträgt. Ohnedieß würde die Lampe nicht hinlängliche Sicherheit

gewähren. Auf die Länge eines Zolles kommen 27 bis 30 Oeffnungen. Die Gase dringen natürlich ins Innere der Lampe und verbrennen darin, aber die Verbrennung pflanzt sich nicht fort. Erst wenn das Gas ⅓ der gesammten Luftmenge ausmacht, verlischt die Lampe. In diesem Falle kann aber auch der Mensch nicht mehr athmen. Wird das Drahtgewebe glühend, so kann man es mit Wasser bespritzen und dadurch abkühlen. Statt dessen kann man aber auch über das erste noch ein zweites Drahtgewebe zu völliger Sicherheit, im Fall das innere Drahtgewebe durchbrennen sollte, stellen. In neuester Zeit hat Graham die Bemerkung gemacht, daß das Drahtgewebe weit undurchdringlicher für die Flamme ist, wenn es vor der Anwendung in eine Alkalilösung getaucht wird, die es zugleich gegen das Rosten schützt. Damit der Bergmann auch nach dem zufälligen Erlöschen der Lampe noch ein hinreichendes Licht besitze, um sich aus der Grube herauszufinden, brachte Davy über dem Dochte einen gewundenen Platindraht an, der durch das umgebende explodirende Gas und den aufsteigenden Oeldunst noch eine Zeitlang nach dem Verlöschen der Lampe im Glühen erhalten wird und ein schwaches Licht gibt. Um auf einzelne Punkte ein schärferes Licht werfen zu können, kann man in das Drahtgewebe eine Glaslinse einsetzen, oder einen kleinen Metallspiegel anbringen, der das auf ihn fallende Licht zurückwirft. Die Davyschen Sicherheitslampen sind fast allgemein in den Kohlenminen Englands, Frankreichs und der Niederlande mit großem Nutzen eingeführt worden, und für ihre Brauchbarkeit spricht schon das eine Beispiel, daß man mit Hülfe derselben die Kohlenminen bei Elonges in den Niederlanden wiederbebaut hat, die man der schlagenden Wetter wegen hatte verlassen müssen. So stark ist hier die Anhäufung des explodirenden Gases, daß während einer einzigen Schicht die schlagenden Wetter 150mal im Innern der Lampe sich entzündeten, ohne daß auch nur einmal die Verbrennung nach Außen sich fortgepflanzt hätte.

Eine Verbesserung erfuhr die Davy'sche Lampe durch Chevremont. Fig. 257. stellt seine Lampe dar. Sie weicht nur in folgenden wichtigen Stücken ab. Die Röhre zum Oeleingießen ist im Innern der Lampe bis auf den Boden geführt und geht dann noch einmal in die Höhe, damit sich in ihr stets Oel befindet, welches die äußere Luft absperrt. Das obere Ende des Drahtcylinders ist mit einem kupfernen Cylinder mit feinen Löchern versehen und der oberste Deckel besteht in einer dicken Kupferplatte mit Löchern, welche nicht durchbrennen kann. Damit die Bergleute endlich die Lampe nicht öffnen können, ist ein Schloß angebracht, ein Regnier'sches Combinationsschloß. Der feine Platindraht hängt bei den Davy'schen Lampen vom Drahtgewebe oben herab und kommt deßhalb beim Reinigen des Gewebes oft in Unordnung. Daher umgibt Chevremont die Lampe inwendig mit einem Reif qn (Fig. 258.), von dem ein starker Draht o in die Höhe geht, der umgebogen ist und den in der Mitte herabhängenden, gewundenen Platindraht pm trägt. Beim Reinigen der Lampe kann auf diese Weise der Platindraht leicht abgehoben werden. Andere Sicherheitslampen, welche Murray angegeben, gewähren weder die Si-

cherheit der Davy'schen Lampe, noch haben sie Eingang gefunden. Der Nutzen dieser letzten erstreckt sich auf alle Orte, wo entzündliche Gase vorkommen, daher auch da, wo Weingeist, Schwefelätherdünste, Leuchtgas verbreitet sind. Versuche von Blesson haben gezeigt, daß auch Pulverstaub, der auf die Lampe fällt, im Innern der Lampe sich zwar entzündet, aber die Explosion nicht fortpflanzt. Jedoch sind die gemachten Versuche noch nicht hinlänglich, um eine Anwendung in Pulvermühlen u. dergl. zu gestatten und dieser ist jedenfalls der Umstand im Wege, daß das Pulver sich an den glühend gewordenen Drähten entzündet.

Sideroskop (von dem griech. σίδηρος, Eisen und σκέπω, sehen), ein von Baillif erfundenes Instrument, welches zur Auffindung höchst schwacher magnetischer Einwirkungen (daher der Gegenwart von Eisen) dienen kann. Der wesentliche Theil desselben ist ein Strohhalm von 15½ par. Zoll Länge. Das Stroh muß reif sein und da es fast beständig gekrümmt ist, so muß man zuvor die Enden des Halmes in ein paar kleine Schraubstöcke einzwängen, den untern Schraubstock mit einem Gewicht (4 Pfund) beschweren, das Stroh befeuchten und dann längs demselben ein heißes Eisen hinführen. Der Strohhalm liegt in einem an einem Coconfaden aufgehangenen Steigbügel von Papier, und in jedem Ende des Halmes ist ein bis zur Sättigung magnetisirter, kleiner Stahlcylinder von etwa ½ Lin. Durchmesser und 18 Lin. Länge eingeschoben, und zwar so, daß die gleichnamigen Pole beider Cylinder nach entgegengesetzter Richtung gekehrt sind. Der Strohhalm schwebt in einem parallelipipedischen, mit einer Schiebthüre versehenen Glasgehäuse, während der Aufhängungsfaden in einer auf diesem Gehäuse aufgesetzten Glasröhre herabgeht. Die Röhre ist oben mit einem Propf verschlossen, und durch diesen geht ein Glasstäbchen, welches mit sanfter Reibung verschoben werden kann und an dessen unterem Ende der Faden befestigt ist. Dieser Apparat ist so leicht beweglich, daß nach Gay-Lussac schon die Wärme der ziemlich entfernt gehaltenen Hand durch die im Innern des Glaskastens von der veränderten Temperatur erregten Luftströme eine Ablenkung des Halmes bewirken. Daher muß man bei damit anzustellenden Versuchen sehr vorsichtig zu Werke gehen. Da die kleinen Magnetcylinder eine entgegengesetzte Richtung ihrer Pole haben, so wird, im Fall sie gleich stark magnetisirt sind, die Erde keine richtende Kraft auf den Strohhalm äußern können, und folglich wird derselbe jeder Anziehung oder Abstoßung aufs leichteste Folge leisten können, um so mehr, da die Cylinder sich an langen Hebelarmen befinden. Obgleich fast unmöglich ist, beiden Cylindern einen völlig gleichen Magnetismus zu ertheilen, so hat man es doch in seiner Gewalt, die richtende Kraft des Erdmagnetismus auf beide dadurch völlig zu compensiren, daß man die schwächere Nadel an einem längeren Hebelarme wirken läßt. Saigey hat mit diesem Apparate nicht nur feine Beobachtungen über den Magnetismus verschiedener Eisenerze angestellt, aus welchen er schließt, daß alle Eisenerze schon von Natur einen mit dem Grade ihrer Coercitivkraft (Zurückhaltungskraft, vergl. d. Art. Mag-

netismus) in umgekehrtem Verhältnisse stehenden Magnetismus besitzen, unabhängig von ihrer Lage in der Erde; sondern er hat auch durch eine etwas abgeänderte Anwendung dieses Apparates das Resultat zu finden geglaubt, daß alle Körper in der Natur, wenn sie einander in der Luft genähert werden, eine gewisse Abstoßung aufeinander äußern.

Silber (Mond der Metalle, Luna, Diana), ein seit den ältesten Zeiten bekanntes Metall. Es kommt in der Natur theils gediegen (Haarsilber, gestricktes Silber), theils vererzt auch in Verbindung mit andern Metallen, wie mit Gold, Quecksilber, Antimon u. s. w. vor. Man erhält es im Großen entweder durch das sogenannte Abtreiben, d. i. Zusammenschmelzen silberhaltiger Erze mit Blei, wobei das Silber an das Blei tritt, welches dann durch einen Orydationsproceß wieder gesondert wird, oder durch die Amalgamation, Behandlung der silberhaltigen Erze mit Quecksilber, indem man dieselben zuerst mit Kochsalz röstet, wodurch Chlorsilber entsteht, dann dieses Chlorsilber durch starkes Schütteln mit Quecksilber und Eisen in Amalgam verwandelt, und endlich durch Entfernung des Quecksilbers mittelst Destillation das reine Silber darstellt. Auf diesem Amalgamationswege zieht man das Silber meist aus den ärmern Erzen. Im Kleinen kann man sich völlig chemisch-reines Silber verschaffen, wenn man entweder in eine verdünnte Auflösung von salpetersaurem Silber metallisches Kupfer hineinlegt, wodurch das Silber sogleich metallisch gefällt wird, oder durch Zerlegung einer solchen Auflösung mittelst Kochsalzauflösung Chlorsilber darstellt, welches man durch Glühen mit gebranntem Kalk oder einfach kohlensaurem Kali oder Natron reducirt. Auch können zur Reduction des Chlorsilbers organische kohlenwasserstoffhaltige Substanzen, z. B. Harze, dienen. — Das reine Silber ist weiß, schwach ins Gelbliche spielend, und stark glänzend. Es krystallisirt in Octaedern und Heraedern; häufig auch baumförmig; klingt, ist ziemlich hart und elastisch, und nächst dem Golde das dehnbarste Metall, so daß man es zu den dünnsten Blättchen schlagen, und zum feinsten Draht (1 Gran auf 400 Fuß) ausziehen kann. Es schmizt bei starker Rothglühhitze, und zeigt während des Schmelzens die merkwürdige Eigenschaft, Sauerstoffgas aus der Luft einzusaugen, das es dann beim Erkalten wieder fahren läßt. Daher das sogenannte Sprazen des Silbers. Es verflüchtigt sich nur bei den höchsten Hitzgraden, im Sauerstoffgebläse, im Focus der Brennspiegel, u. s. w. Spec. Gew. 10,474 bis 10,510. — Mit Sauerstoff verbindet sich das Silber 1) zu Silberoxyd, ein dunkelbraunes, ins Grünliche sich ziehendes, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver, von 7,258 spec. Gew.; man erhält es unter andern, wenn man das Silber den Wirkungen der Pole der galvanischen Säule aussetzt, wo es mit schönem, smaragdgrünem Licht zu Oxyd verbrennt. Dieses Pulver ist durch Licht oder Glühhitze in Silber und Sauerstoff zersetzbar. Es bildet mit den Säuren farblose oder gelbliche, im Wasser theils lösliche, theils unlösliche Salze, erstere meist von herbem, widerlich metallischem Geschmack, und ätzend giftiger Wirkung. 2) Silberhyperoxyd,

entsteht durch Zerlegung des salpetersauren Silberoxyds mittelst der Voltaschen Säule, wobei es am positiven Pol in eisenschwarzen Nadeln, die den Sauerstoff leicht wieder fahren lassen, sich ansetzt. Ein Gemenge desselben mit Phosphor oder Schwefel verpufft durch Stoß lebhaft; in Säuren löst es sich unter Sauerstoffgasentwicklung leicht auf. Mit Stickstoff ist Silber verbunden im salpetersauren Silberoxyd (Silbersalpeter, geschmolzen: Höllenstein), ein in wasserhellen, geraden, rautenförmigen und sechsseitigen Tafeln krystallisirendes, luftbeständiges Salz von äußerst widerlichem, bitterem, metallischem Geschmack, welches ätzend und giftig wirkt, und in der Hitze leicht zu einer weißen, strahlig-krystallinischen Masse (Höllenstein) schmilzt. Mit Ammoniak verbindet sich das Silberoxyd zu leicht zersetzbaren, zum Theil gefährlich leicht verpuffenden Substanzen. So erhält man das sogenannte Berthollet'sche Knallsilber, wenn man reines Silberoxyd mit überschüssigem, concentrirtem Ammoniak übergießt, und 12 — 14 Stunden stehen läßt. Es bildet sich dann ein schwarzes Pulver, welches, an der Luft getrocknet, außerordentlich leicht, z. B. bei der bloßen Berührung mit Eisen, und unter der heftigsten Explosion verpufft. Salpetersaures Silberoxydammoniak, eine wasserhelle, ätzende, beim Verdampfen krystallisirende Flüssigkeit. — Das Silber zeigt zum Chlor bedeutende Verwandtschaft. Chlorsilber, das natürlich als sog. Hornsilber, ein graues, grünes oder braunes in regelmäßigen Achtflächen krystallisirtes Mineral von 5,55 spec. Gew., vorkommt, wird am leichtesten erhalten, wenn man eine verdünnte Auflösung des Silbers in Salpetersäure mit Kochsalzauflösung versetzt. Dann zeigt sich ein weißer, käsiger, hornartig durchscheinender Niederschlag, der, auf dem Filtrum gesammelt, im Lichte schnell dunkelt, erst violett, dann schwarz wird. Nach Wetzlar soll diese Schwärzung von einer theilweisen Entwicklung des Chlor herrühren. Dieselbe Wirkung auf das Chlorsilber äußern nach ihm auch mehrere salzsaure Metalloxyde. Das Chlorsilber wird durch mehre Metalle in Berührung mit Wasser zerlegt; auch löst sich es in wässrigem Ammoniak, und in concentrirter Salzsäure auf. Ziemlich löslich ist es ferner in concentrirter, siedender Kochsalzauflösung, wo beim Erkalten eine Doppelverbindung von Chlorsilber und Chlornatrium anschießt. Aus der Lösung des Chlorsilbers in Ammoniak entstehen bei freiwilliger Verdunstung wasserhelle, rautenflächige Krystalle, welche sich im Lichte schwärzen und schon durch Wasser zerlegt werden. — Man bedient sich des Chlorsilbers zur Darstellung des reinen Silbers; auch zur sogenannten kalten Versilberung des Messings. Zur letzteren nimmt man ein inniges Gemenge von 3 Theilen reiner Pottasche, 1 Theil Chlorsilber, 1 Theil Kreide und 1 Theil Kochsalz, reibt die vorher mit Trippel polirte, und mit etwas Salzwasser befeuchtete Fläche mit etwas von diesem Pulver ein, und putzt sie dann wieder mit einem leinenen Lappen ab. Mit Brom und Jod geht das Silber ebenfalls Verbindungen ein. Das Bromsilber, verhält sich analog dem Chlorsilber, und erscheint als ein weißer, käsiger Niederschlag, der beim Trocknen schwach gelblich wird, sich am Lichte schwärzt, leicht schmelzbar ist u. beim Erkalten zu einer

gelblichen, hornartigen Masse erstarrt. Es ist geschmacklos, in Wasser, Salpetersäure und kalter Schwefelsäure unauflöslich, dagegen löslich in concentrirter Hydrobrom- und Salzsäure, auch in concentrirtem wässerigem Ammoniak. Aus der Lösung in Hydrobromsäure schießt es in kleinen, achtflächigen Krystallen an. Das Jodsilber, nach Vauquelin natürlich vorkommend, erhält man auf nassem Wege, beim Niederschlagen eines Silberoxydsalzes durch Hydrojodsäure oder hydrojodsaure Salze, wo es als ein gelblichweißer, käsiger Niederschlag von 5,611 spec. Gew. auftritt, der sich im Lichte schnell bräunt, und in der Rothglühhitze schmelzbar, unauflöslich in Wasser und wässerigem Ammoniak ist, wodurch er sich vom Chlor- und Bromsilber unterscheidet. Verbindungen des Silbers mit Schwefel sind zwei bekannt: Schwefelsilber und schwefelsaures Silberoxyd. Ersteres kommt theils natürlich vor, als Glanzerz, in dunkelbleigrauen, sechs- und achtflächigen Krystallen, theils wird es künstlich erhalten, durch Niederschlagen eines Silberoxydsalzes mit Hydrothionsäure, oder auch nur durch Berührung des Silbers mit atmosphärischer Luft, wo es als braunschwarzes Pulver oder brauner Ueberzug erscheint. Es krystallisirt in weißen, glänzenden Nadeln, oder tritt als ein weißes, krystallinisches Pulver auf, welches im Lichte schwarz wird, und in 88 Theilen heißen Wassers löslich ist, wobei, wenn die Lösung erkaltet, der größte Theil des Salzes herauskrystallisirt. Mit Phosphor geht das Silber drei Verbindungen ein: Phosphorsilber, phosphorsaures und pyrophosphorsaures Silberoxyd. Phosphorsilber, eine weiche, spröde, krystallinische und auf nassem Wege erhaltene, grau abfärbende, durch Druck Metallglanz annehmende Masse. Phosphorsaures Silberoxyd (basisches), ein gelbes, in Wasser unlösliches, in Phosphorsäure lösliches Pulver, erhält man beim Niederschlagen eines Silberoxydsalzes mit einem phosphorsauren Alkali. Das neutrale pyrophosphorsaure Silberoxyd entsteht durch Fällung eines Silberoxydsalzes mit Pyrophosphorsäure, oder einem pyrophosphorsauren Salze, und ist ein weißes, gleichfalls in Wasser unlösliches Pulver, leichter schmelzbar, als das gelbe basische Salz; es färbt sich bei Erhitzung vorübergehend braun, im Lichte nur röthlich. Schmelzende Phosphorsäure greift Silbertiegel an. — Mit Arsenik erscheint das Silber natürlich verbunden, als Schwarzgiltigerz und leichtes Rothgiltigerz. Außerdem erhält man künstlich arsenichtsaures und arseniksaures Silberoxyd, ersteres als ein gelbes, letzteres als ein braunrothes Pulver. Die wichtigen Verbindungen des Silbers mit Kohlenstoff, sind: kohlensaures Silberoxyd, ein weißer, am Lichte schnell dunkelnder Niederschlag; Cyansilber, erscheint als weißer, käsiger, geschmackloser, im Wasser unlöslicher Niederschlag, der mit andern Metallen Doppelcyanverbindungen (mit Wasser verbundene, blausaure Silberoxydsalze) bildet. Cyansaures Silberoxyd ist ein weißes, in kaltem Wasser unlösliches Pulver, das in der Hitze nicht verpufft, und bei gelinder Erwärmung Cyansäure liefert. Von gleicher Zusammensetzung, aber verschiedenen Eigenschaften ist das knallsaure Silberoxyd (Howard's oder Brugnatelli's Knallsilber), welches man erhält, wenn man einer

Auflösung von 1 Th. Silber in 12 Th. Salpetersäure von 1,34 spec. Gew., 24 Theile Alkohol von 0,84 spec. Gew. zusetzt, diese Mischung bis zum Kochen erhitzt, und sobald Trübung entsteht, ohne Erwärmung nach und nach noch 6 Theile Alkohol hinzufügt. Das sich ausscheidende Salz wird auf dem Filtrum durch Waschen mit wenig Wasser gereinigt, und vorsichtig getrocknet. Dieses Salz erscheint in kleinen, zarten, weißen Krystallen, die sich am Lichte schwärzen, schmeckt höchst widerlich metallisch, wirkt giftig, ist im Wasser schwer löslich und verpufft außerordentlich leicht. — Von den zahlreichen Verbindungen des Silbers mit andern Metallen sind die wichtigsten: chromsaures Silberoxyd, ein purpur- oder karminrothes Pulver; Antimonsilber, das natürlich als silberweiße, in rechtwinkeligen, sechsseitigen Säulen krystallisirte Substanz, von 9,8 spec. Gew. vorkommt, öfters auch mit Arsenikgehalt (Arseniksilber). Dunkelrothgiltigerz, eine Verbindung von Silber, Antimon und Schwefel. Silber und Eisen schmelzen zwar leicht zusammen, aber ohne sich chemisch zu verbinden, was indessen beim Stahle der Fall ist. Eine geringe Quantität Silber ($\frac{1}{500}$) verleiht dem Stahle eine besondere Elasticität und Festigkeit. Bekannt und sehr verbreitet im Gebrauch sind endlich die Verbindungen des Silbers mit Kupfer und Quecksilber. Letzteres (vorzugsweise Amalgam genannt) kommt bisweilen in der Natur in Oktaëdern krystallisirt vor. Das Gemisch von Silber und Kupfer ist härter und klingender als das Silber selbst.

Silicium, Kiesel, die Basis der Kieselerde, wurde im J. 1824 von Berzelius, als eine dunkelbraune, pulverige Substanz dargestellt, die, auch mit dem Polirstahl gerieben, keinen Metallglanz annahm, stark abfärbte, unschmelzbar war, aber bei starkem Glühen in verschlossenen Gefäßen etwas zusammensinterte und dunkler wurde, unlöslich in Wasser und Weingeist erschien und sich schwerer als Vitriolöl, so wie als Nichtleiter der Elektricität erwieß. — Die wichtigsten Verbindungen des Siliciums mit andern Körpern sind mit Sauerstoff: Siliciumoxyd, Kieselerde (glasachtige Erde, Kieselsäure) ist nächst dem Sauerstoff vielleicht der verbreitetste Stoff in der Natur, und erscheint hier im Mineralreich theils rein als Quarz, Feuerstein u. s. w., theils mit andern Erden und Metalloxyden gemischt, im Pflanzenreich in vielen Gräsern, in verhältnißmäßig größter Menge in den Knoten des Bambusrohres, endlich auch, wiewohl in geringsten Mengen, im Thierreich. Die natürlich vorkommende Kieselerde erscheint in durchscheinenden, bis wasserhellen Krystallen, deren Grundform das Rhomboeder ist; doch krystallisirt sie am häufigsten in sechsseitigen Säulen mit sechsflächiger Zuspitzung, auch in doppelten sechsseitigen Pyramiden u. s. w. Sie ist sehr hart, gibt am Stahl Funken und besitzt ein spec. Gewicht von 2,700. Die künstliche tritt als ein weißes, sich rauh anfühlendes, der Zunge schwach anhängendes, geschmackloses Pulver auf, das, für sich, im stärksten Ofenfeuer unschmelzbar, nur im Sauerstoffe und Knallgasgebläse schmilzt. Die Kieselerde ist im Wasser unlöslich, doch verbindet sie sich damit chemisch zu Hydrat.

Dieses Hydrat findet sich natürlich, z. B. als Opal. Das künstliche ist eine weiße, flockige, gallertartige Substanz, die an der Luft getrocknet, ein zartes weißes, 11 Procent Wasser haltendes Pulver gibt. — Die Verwandtschaft der Kieselerde zu den Säuren ist nur gering; nur auf trocknem Wege verbindet sie sich mit einigen feuerbeständigen Säuren, wie Phosphorsäure, Boraxsäure u. s. w. zu glasartigen Gemischen. Verwandter dagegen ist sie den Basen, mit denen sie zum Theil auf nassem, lieber aber auf trocknem Wege sich verbindend, die kieselsauren Salze bildet, welche, bei vorherrschender Säure im Wasser unlöslich, bei vorherrschender Base löslich, fast alle (leichter oder schwerer) schmelzbar, und sämmtlich feuerbeständig sind. — **Chlorsilicium** erhält man als eine farblose, tropfbare, sehr flüchtige Flüssigkeit, von erstickendem, Blausäure ähnlichem Geruch, die etwas schwerer als Wasser ist, an der Luft raucht und durch Wasser rasch in Hydrochlorsäure u. Silicium zerlegt wird. **Bromsilicium** ist eine farblose Flüssigkeit, die schwerer als Vitriolöl, an der Luft dicke, weiße Nebel ausstößt, bei 12° R. gefriert, bei 120° R. kocht und durch Wasser, auch durch Kalium unter Explosion zerlegt wird. **Fluorsilicium** ist ein farbloses Gas von 3,600 spec. Gew., welches stark Lackmus röthet, an der Luft raucht und durch Wasser zerlegt wird. Das Fluorsilicium greift das Glas an, und auf seiner Bildung beruht das Aetzen des Glases mittelst Flußspath und Schwefelsäure. (Eine Glastafel wird mit Wachs bestrichen, und in dieses gravirt man die zu ätzenden Theile, überzieht dann diese Stellen mit einem Gemenge von Flußspath und Schwefelsäure, und erwärmt die gravirten Stellen oder läßt die Dämpfe jenes Gemisches an sie schlagen, so erscheinen sie matt). Das Fluorsilicium verbindet sich mit Ammoniak zu **Fluorsilicium-ammoniak**, und mit Metallen zu **Fluorsilicium-Metallen**, welche als flußkieselsaure Salze zum Theil im Wasser löslich sind, und sich bei Erhitzung in Fluormetalle verwandeln, wobei Fluorsiliciumgas entweicht. Mit **Schwefel** verbindet sich das Silicium zu **Schwefelsilicium**. Diese Verbindung erscheint als eine weiße, erdige Masse, welche, unter Entwicklung von Hydrothionsäure und Bildung von Kieselerdehydrat, Wasser heftig zerlegt, wobei sich das gebildete Kieselerdehydrat im Wasser in großer Menge auflöst und eine dickliche Flüssigkeit bildet.

Sonne, der Fixstern, um welchen sich die Erde und die übrigen uns bekannten Wandelsterne bewegen, von welchem dieselben Licht und Wärme empfangen. Den innigen Zusammenhang, welcher zwischen Sonne und Erde stattfindet, kannten die Alten nicht mit der wissenschaftlichen Genauigkeit, wie wir, aber sie sahen, daß das Gestirn des Tages die Mutter alles Lebendigen ist, denn ohne Licht und Wärme würde alles Leben ersterben, und darum verehrten sie die Sonne als Bild der Gottheit oder als Gottheit selbst. Osiris in Aegypten, Baal in Chaldäa, Adonis in Phönizien, Mithra in Persien, Apollon in Griechenland, bei den Römern Sol genannt, sind Namen der als Gottheit verehrten Sonne. Die alten Astronomen hielten die Sonne

für einen Planeten, indem sie, dem Scheine glaubend, die Erde für einen fixen Weltkörper annahmen. Durch welche Gründe man später dahin gekommen, die Sonne als feststehend, die Erde dagegen als bewegt anzunehmen, ist im Art. Erde gesagt worden.

Im Sonnensystem ist die Sonne im Brennpunkte der Bahnen aller Planeten- und Kometenbahnen an Größe und Masse der größte Weltkörper. Und hierin liegt der Grund ihrer Herrschaft. Denn die Abhängigkeit, in welcher die Planeten von der Sonne stehen, ist die allgemeine Schwere (s. d. Art.) und dies ist die Aeußerung der Masse, so daß nach dem Gesetze derselben, wenn zwei Körper durch die Schwere auf einander wirken, das Resultat stets der Art sein muß, daß es den Anschein hat, als würde der weniger massenhafte von dem mehr massenhaften angezogen. Die Masse der Sonne ist 355000mal größer als die Masse der Erde, und sogar noch 700mal größer, als die aller übrigen Körper des Sonnensystems zusammengenommen. Noch bedeutender vor den Planeten ragt die Sonne durch ihre Größe hervor. Der Durchmesser derselben beträgt 188000 deutsche Meilen, ihre Oberfläche mithin 111,000 Millionen Quadratmeilen und ihr Volumen 3500 Billionen Kubikmeilen.*)

Da die Masse der Sonne 355000mal größer, als die der Erde, und das Volumen der Sonne 1300000mal größer als das der Erde ist, so ist folglich die Dichte der Sonne (gleich Masse dividirt durch

*) Zu einer deutlicheren Vorstellung berechnet Littrow folgende Angabe: Der kleinste aller unserer Planeten ist Vesta. Sein Durchmesser beträgt, nach Schröters Messungen, nicht einmal sechzig Meilen. Der Sonnendurchmesser ist also über 3100mal größer, als jener der Vesta, also ist auch der körperliche Inhalt oder das Volum der Sonne gegen 30,000 Millionen Male größer als das Volum der Vesta, oder aus der Sonne lassen sich mehr als 30,000 Millionen der Vesta gleich große Kugeln machen. Solcher Kugeln aber, wie unsre Erde, würde man über 1,300,000 um einander legen müssen, um endlich einen Körper, der Sonne am Umfange gleich, zu erhalten. Ja selbst alle Planetenkugeln zusammengefügt, würden noch nicht den 560sten Theil der Sonnenkugel an Raum einnehmen. Da aber auch diese Zahlen noch immer zu groß sind, uns eine klare Vorstellung von der wahrhaft ungeheuren Ausdehnung des Sonnenkörpers zu geben, so wollen wir uns denselben um seinen Mittelpunkt so weit ausgehöhlt denken, daß die Erde in diesem Mittelpunkte stehen, und um sie der Mond in seiner Entfernung von 50,000 Meilen sich frei in dieser Höhle bewegen könne. Da würde doch noch ein nicht ausgehöhlter Rand der Sonne, eine Kugelschale übrig bleiben, deren Dicke nahe eben so groß ist, als der Halbmesser dieser Höhle selbst. Zu einer sogenannten Reise um die Welt, d. h. um den Umkreis der Erde zurückzulegen, würde ein Wanderer, der täglich zehn deutsche Meilen macht, 540 Tage, zu einer Reise um die Sonne aber würde derselbe 59,160 Tage oder mehr als 160 Jahre brauchen.

Volumen) $= \frac{355000}{1300000} =$ beinahe $\frac{1}{4}$ gegen die Dichte der Erde, d. h. die Sonnenmasse ist nur etwa den vierten Theil so dicht als die Erdmasse. Dieß gilt jedoch nur ganz im Allgemeinen, nämlich für die Annahme, daß die Sonnenmasse durchaus gleichmäßig vertheilt wäre, welches jedoch ganz gewiß nicht der Fall ist, wie auch auf der Erde eine solche gleichmäßige Vertheilung der Dichte nicht stattfindet. Sie kann schon darum nicht vorhanden sein, weil die Schwere der Sonne wie jedes kugelähnlichen Körpers nach dem Mittelpunkte zu sich concentrirt und folglich die näher am Mittelpunkte liegenden Schichten der Sonnenmasse von allen über ihnen liegenden Schichten mit ungeheurer Gewalt zusammengepreßt werden, daher gewiß dichter als diese sind. Da die Schwere, wie sie auf jedem einzelnen Weltkörper auftritt, von der Masse desselben abhängt, so muß sie bei der Sonne sehr bedeutend sein. Die Schwere äußert sich im Fall der Körper und zwar ungestört und ohne Modification im freien Fall. Bekanntlich fallen die Körper auf der Erde in der ersten Secunde des Falls durch 15 par. Fuß; auf der Sonne, wie man berechnet hat, 430 F., d. h. nahe 29mal tiefer, als auf der Erde. Da nun mit der Fallgeschwindigkeit auch das Gewicht der Körper zusammenhängt (s. Fall, freier), so folgt hieraus, daß jeder auf der Erde 100 Pfund wiegende Körper auf der Sonne ein Gewicht von 2900 Pf. d. i. beinahe 30 Centner haben würde.

Von der Oberfläche der Sonne wissen wir durch directe Beobachtung nur wenig, weil die Sonne zu entfernt ist, als daß auch unsere besten Fernröhre sie um so viel näher zu rücken vermöchten, daß wir, wie etwa auf dem Monde und der Venus, Berge und Thäler zu erkennen vermöchten. Aus dem Anblick der Sonne geht aber schon hervor, daß ihre Oberfläche wohl viel anders als die der Planeten sein möge. Die älteste und sich zunächst darbietende Ansicht ist, daß die Sonne in einem großen Verbrennungsprocesse begriffen sei, welcher Licht und Wärme derselben erzeuge. Hieraus könnte man die Besorgniß schöpfen, daß sich endlich die Sonne ganz aufzehren möchte. Dagegen spricht, daß man noch keine Verminderung ihres Durchmessers hat wahnehmen können. Allein der Sonnenkörper ist so gewaltig groß, und so weit entfernt, daß man die Abnahme durch die Verbrennung, auch wenn sie wirklich stattfände, doch kaum in Jahrtausenden mit den besten Fernröhren bemerken könnte. Bei der Beobachtung des scheinbaren Sonnendurchmessers bleiben wir mit den besten Fernröhren noch um etwa eine Secunde im Ungewissen.*) Hiernach hat man berechnet, daß wenn der wahre Durchmesser der Sonne in Folge der Verbrennung auch jährlich um 1 Fuß kleiner würde, so würde der scheinbare Sonnendurchmesser doch erst in 12000 Jahren um etwa 2 Sec. kleiner geworden

---

*) Eine berechenbare Ungewißheit über den scheinbaren Durchmesser der Sonne ergibt sich aus der Irradiation (s. d. Art. Mond S. 724.). Man nimmt an, daß der Sonnendurchmesser um 6 bis 7 Sec. größer erscheine, als ohne Irradiation der Fall sein würde.

sein. Die ganze Annahme von einer Verbrennung der Sonne, durch welche Licht und Wärme erzeugt würden, erscheint jedoch falsch, wie aus der einfachen Betrachtung hervorgeht, daß die Wärme mit dem Erheben über die Erdoberfläche nicht bedeutender wird, sondern vielmehr schwächer, so daß die Wärme nicht sowohl von der Sonne herkommt, sondern durch die Sonnenstrahlen nur aus dem Erdkörper ausgeschieden wird; und auch das Licht, welches von dem Sonnenkörper ausströmt, braucht keine Verminderung desselben zur Folge zu haben, da das Licht selbst nicht etwas massenhaftes, sondern am Ende nur eine Bewegung, ein Erzittern eines den Raum erfüllenden Aethers ist. Vergl. d. Art. Licht und Wärme.*)

---

*) Littrow führt folgende Gründe an, welche dafür sprechen sollen, daß die Temperatur auf der Oberfläche der Sonne selbst ungemein groß sei.

I. „Das Licht sowohl als die radiirende Wärme nimmt, unsern Beobachtungen zufolge, in demselben Maße ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, so daß es z. B. in der Entfernung von 2, 3, 4 . . Meilen nur mehr $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ . . von dem ist, was es in der Entfernung von einer Meile beträgt. Wenn nun die durch die Sonnenstrahlen auf unserer Erde erregte Hitze so bedeutend ist, wie stark muß sie auf der Oberfläche der Sonne selbst auf für sie gleich empfängliche Körper wirken. Mann kann durch Rechnung zeigen, daß die Hitze, welche die Sonne z. B. auf eine Quadratmeile ihrer eigenen Oberfläche ausübt, über 300,000mal größer ist, als diejenige, welche sie auf eine eben so große Stelle der Oberfläche unserer Erde äußert. Unsere Brenngläser sind weit entfernt, eine so große Hitze zu erzeugen, oder die Strahlen der Sonne 300,000mal zu verdichten, und doch kann man in den Brennpunkten dieser Gläser Gold, Platina und selbst Diamanten schmelzen und zerstören.

II. Unsere künstlichen oder irdischen Feuer senden bekanntlich ihre Strahlen desto leichter durch das Glas, je größer, je intensiver diese Feuer sind. Ein zweimal so starkes Feuer schickt auch zweimal so viele Strahlen durch dasselbe Glas. Nun gehen aber die Strahlen der Sonne mit einer ganz besondern Leichtigkeit durch das Glas. Mit dem sogenannten Actinometer, einem unserer verlässigsten physischen Instrumente, fand der jüngere Herschel, daß von je 1000 Wärmestrahlen der Sonne 816 durch eine Glasplatte von 1 ½ Linie Dicke gehen, und daß von 1000 bereits durch eine solche Platte gegangenen Strahlen wieder 860 noch stark genug sind, durch eine zweite, eben so dicke Glasplatte zu gehen. Unsere irdischen Feuer sind sämmtlich weit entfernt, solche Leichtigkeit des Durchgangs zu zeigen, sie stehen daher auch wahrscheinlich dem Feuer der Sonne an Intensität eben so weit nach.

III. Wenn man eine Lichtkerze, eine brennende Fackel, ja selbst das lebhafteste irdische Feuer zwischen das Auge und die Sonne hält, so verschwinden sie gleichsam für unsern Blick, weil sie von dem viel intensiveren Sonnenlichte absorbirt werden. Das Licht des sogenannten indischen Weißfeuers oder das des ungelöschten Kalkes blendet unsere Augen und gehört zu dem lebhaftesten Feuer, das wir hervorbringen können, und doch bemerken wir es kaum auf dem noch viel hellern Hintergrunde der Sonne.“

Die einzigen aber höchst interessanten Beobachtungen, die man auf der Oberfläche der Sonne selbst gemacht hat, sind die sogenannten Sonnenflecken und Sonnenfackeln, jene sind Stellen, die sich durch Lichtmangel, diese solche, die sich durch Lichtfülle auszeichnen.

Wenn man die Oberfläche der Sonne*) durch ein Fernrohr betrachtet, das zur Schützung des Auges mit einem gefärbten Planglase versehen ist, so bemerkt man auf ihr häufig größere oder kleinere, meistens sehr unregelmäßige dunkelschwärze Flecken mit einem aschfarbenen, gewöhnlich überall gleich breiten Rand eingefaßt. Diese Flecke verändern meistens ihre Gestalt und selbst zuweilen ihren Ort auf der Sonne. Wenn man sie von Stunde zu Stunde verfolgt, so sieht man sie an Umfang wachsen oder kleiner werden, verschiedene Gestalten annehmen, aus einander brechen und gleichsam zerreißen und wieder zusammenfließen und oft selbst gänzlich verschwinden. In dem letzten Falle, wenn der Flecken sich unserm Auge ganz entzieht, wird immer zuerst der schwarze Centralpunkt allmählig kleiner und verschwindet lange vor dem aschgrauen Rande. Der ganze Anblick dieser Erscheinung scheint auf einen flüssigen Zustand der Oberfläche der Sonne und auf sehr heftige Bewegungen zu deuten, die auf ihr vorgehen. Diejenigen unter ihnen, welche längere Zeit ohne beträchtliche Veränderungen ihrer Form dauern, — und man sieht zuweilen solche, die man nach vier und sechs Wochen wieder deutlich als dieselben erkennen kann, — zeigen im Allgemeinen folgende Erscheinungen. Man sieht die eigentlichen schwarzen Flecken in einer meistens länglichen Gestalt an den linken oder östlichen Rand der Sonne eintreten und sich von da langsam gegen den westlichen Rand bewegen, den sie gewöhnlich am dreizehnten Tage nach ihrer ersten Erscheinung erreichen, und dann eben so lange unsichtbar werden, bis sie am Ende dieser Periode wieder an der frühern Stelle des östlichen Randes hervortreten. Je näher sie dem Mittelpunkte der Sonne kommen, desto breiter scheinen sie zu werden, während sie an den beiden Rändern der Sonne sehr schmal sind. Da sie sich alle mit nahe derselben Geschwindigkeit von Ost gen West auf der Sonnenscheibe bewegen, so können sie nicht solche Körper sein, wie unsere Wolken, die von den Winden nach allen Seiten und mit verschiedener Geschwindigkeit bewegt werden. Sie können auch keine eigenen Himmelskörper sein, die die Sonne umkreisen, wie etwa der Mond die Erde, weil sie am Rande der Sonne immer schmäler, als in dem Mittelpunkte derselben erscheinen. Sie müssen also der Oberfläche der Sonne selbst angehören und in derselben sich aufhalten, und die bemerkte Bewegung derselben von Ost gen West kann nur von einer Bewegung der Sonne selbst kommen, die auf der uns abgewendeten Seite von West gen Ost vor sich geht und die daher diese Körper auf ihrem Wege um den Mittelpunkt der Sonne mit sich führt. — Diese Flecken sind zuweilen ungemein groß. Tobias Mayer sah am 15. März 1758 einen solchen Flecken, der nach seinen Beobachtungen den zwanzigsten Theil des Sonnendurchmessers, also 90 Se-

---

*) Das Folgende nach Littrow.

cunden betrug. Der wahre Durchmesser desselben hatte also 9000 deutsche Meilen, war demnach fünfmal größer als der Durchmesser unserer Erde. Der ältere Herschel sah im Jahre 1779 einen schon mit bloßen Augen bemerkbaren Flecken, von dem das größere Stück, denn er bestand aus mehren hart an einander liegenden Theilen, 70 Secunden, und das Ganze 270 Secunden im Durchmesser betrug. Der wahre Durchmesser dieses Fleckens hatte also 27,000 deutsche Meilen, oder er war 15mal größer, als der Durchmesser der Erde, und seine Oberfläche betrug über 730 Millionen Quadratmeilen. Wenn ein solcher Flecken in der Zeit von drei Wochen verschwinden soll, so müssen die Ränder desselben täglich einen Weg von 1400, und in jeder Stunde einen Weg von 58 Meilen zurücklegen, also die Geschwindigkeit unserer heftigsten Stürme mehr als achtmal übertreffen. Man sieht schon daraus, welche Revolutionen auf der Oberfläche der Sonne vorgehen mögen. Es scheint aber, daß diese Flecken zuweilen noch viel größer sind, als die erwähnten. So erzählt Abulfaradge in s. Hist. Dynast., daß i. J. 535 das Licht der Sonne durch 14 Tage verdunkelt war, und daß i. J. 626 die Hälfte der Sonnenscheibe durch längere Zeit ganz schwarz erschien. Bemerken wir noch, daß man die oben erwähnten Fackeln, oder die hellstreifigen Stellen der Sonne immer nur in der Nähe der Flecken sieht, und daß oft mitten aus diesen Fackeln sehr dunkle Flecken hervorbrechen, so wie im Gegentheile wieder an denselben Stellen, auf welchen frühere Flecken verschwunden sind, häufig Fackeln zu erscheinen pflegen. Die Meinungen der Astronomen waren lange darüber getheilt, was diese Flecken sind. Zuerst glaubte man, daß es opake Auswürfe, gleichsam Schlacke oder Sonnenvulkane wären. Andere, wie Scheiner, hielten sie für dunkle Planeten oder Satelliten der Sonne, die sich, so wie Merkur und Venus, nur in geringeren Entfernungen um die Sonne bewegen. Man wollte daher diesen Planeten auch besondere Namen geben. So nannte sie der Astronom Tarde die lunas Borbonicas, und Maupertuis die sidera austriaca, weil sie Scheiner, ein österreichischer Jesuit, entdeckt haben sollte. Galilei, dem vorzüglich ihre Veränderlichkeit auffiel, hielt sie für Wolken, die in der Sonnenatmosphäre schwimmen. Andere endlich waren der Ansicht, daß das die Sonne bedeckende Lichtmeer einer Art von Ebbe und Fluth unterworfen sei, durch welche zuweilen die unteren Gegenden, Theile jenes Meeresbodens, oder auch früher bedeckte Berge, bloß gelegt werden. Man sieht, daß diese Meinungen keiner umständlichen Widerlegung bedürfen. Die letzte Ansicht besonders schien demungeachtet selbst Lalande sehr annehmbar, obschon er einige Modificationen an dieselbe angebracht hatte. Er hält diese Flecken für Bergspitzen, die über die Lichtsphäre der Sonne sich zu erheben scheinen, wenn die letzte sich zuweilen gegen den Mittelpunkt herabzieht. Die oben erwähnte graue Einfassung erklärt er dadurch, daß dieses Lichtmeer, wo es den Berg berührt, in größeren Entfernungen von dem Gipfel, allmählig tiefer wird, und immer weniger von dem an sich dunkeln Berge durchschimmern läßt. Allein dagegen spricht die ganz gleichförmige Schattirung des oft sehr breiten Randes, die doch,

wenn jene Erklärung richtig wäre, nur allmählig lichter werden müßte, so wie auch die scharfe Begrenzung der beiden Seiten dieser Ränder. Der ältere Herschel suchte diese Erscheinungen durch eine dreifache Kugelschale zu erklären, die den ebenfalls kugelförmigen, aber an sich dunklen Körper der Sonne umgeben soll. Nach seiner Darstellung besteht die erste oder äußerste sphärische Umgebung der Sonne aus einem Lichtmeer (Photosphäre), welche durch eine zweite, unter ihr liegende, äußerst elastische und transparente Umgebung immer in einer großen Höhe über der Sonne erhalten wird. Unter dieser zweiten liegt endlich eine wolkenartige, dunkle Schichte. Durch die Revolutionen, welche auf der obersten Lichtsphäre vor sich gehen, und die sich auch den beiden andern, tiefer liegenden Einhüllungen der Sonne mittheilen, durch die heftigen Schwankungen, denen dieses Lichtmeer ausgesetzt ist, trennt es sich zuweilen an einzelnen Stellen, wo es gleichsam Risse bekömmt. Durch die Höhlen, die auf diese Weise in der höchsten Sonnenschichte entstehen, und um welche sich die Lichtmaterie dieser Schichte gleichsam in Wänden aufthürmt, durch diese Höhlen dringen nun die Strahlen der leuchtenden Wände, erhellen dadurch, nachdem sie durch die transparente zweite Hülle ungehindert durchgedrungen sind, die unterste, dunkle Wolkenschichte, und bilden auf diese Weise jenen aschgrauen Rand. Da diese Spalten oder Risse, wie gesagt, meistens allen drei Umgebungen der Sonne gemeinschaftlich sind, so wird dadurch auch der unterste Körper, der eigentliche Kern der Sonne, unsern Augen bloßgelegt, aber dieser kann von den erwähnten lichten Wänden der obersten Lichtsphäre nicht mehr beleuchtet werden, weil er von den ihm zunächst liegenden Wolken der dritten oder untersten, dunklen Schichte beschattet wird, wodurch also die eigentliche schwarze Stelle des Fleckens erzeugt wird — Diese Erklärung thut den Erscheinungen, soweit wir sie kennen, allerdings genug, und sie wird daher auch als die beste und sinnreichste (?) von allen, die man bisher aufgestellt hat, angesehen.*)

---

*) Ueber die Geschichte der Entdeckung der Sonnenflecken sagt Littrow folgendes. „Die Ehre der ersten Entdeckung der Sonnenflecken, die bald nach der Erfindung der Fernröhre statt hatte, scheint dem Engländer Harriot zu gehören. Baron Zach sah in den hinterlassenen Papieren dieses Astronomen Beobachtungen von Sonnenflecken, die mit dem 8. December 1610 anfingen. Allein diese Beobachtungen blieben, wenigstens auf dem Festlande Europa's, sehr lange unbekannt. Der berühmte Arzt Averroes von Cordova, der im zwölften Jahrhunderte lebte, hat wohl der erste einen großen Sonnenflecken mit freien Augen gesehen, aber die Sache erregte keine Aufmerksamkeit und hatte um so weniger Folge, als er, obschon mit Unrecht, diesen Flecken für den Planeten Merkur hielt. Das erste Werk, welches über diesen Gegenstand erschien, ist das des Joh. Fabricius Phrysius (eines Friesländers) unter dem Titel: De maculis in sole observatis. Wittemberg. 1611. Er erzählt, daß er eines Morgens einen schwarzen, auf der einen Seite grauen Flecken in der Sonne bemerkt, und den-

Wenn diese Flecken in der That mit der Oberfläche der Sonne, auf irgend eine Weise, wenigstens auf einige Zeit, in fester Verbindung stehen, so kann man sich ihrer als eines Mittels bedienen, die Umdrehung der Sonne um ihre Achse, und zugleich die Lage dieser Achse im Weltraume, zu bestimmen. Auch hat man diesen Versuch sehr bald nach der Entdeckung der Sonnenflecken gemacht, und die Sonne war auch unter allen Himmelskörpern der erste, dessen Rotation man auf

---

selben anfangs für eine Wolke gehalten habe. Nachdem er ihn aber wiederholt an demselben Tage, und mit verschiedenen Fernröhren, immer an derselben Stelle gefunden hatte, fing er an, an der wolkenartigen Natur dieser Erscheinung zu zweifeln. Bald darauf erhob sich die Sonne schon zu sehr über den Horizont, und man konnte sie, ohne Besorgniß für seine Augen, nicht mehr ansehen. Nicht ohne Furcht brachte er die folgende Nacht zu, da ihn der Argwohn, daß es nur eine vorübergehende Wolke sein könnte, noch immer nicht ganz verlassen hatte. Desto größer war seine Freude, als er am folgenden Morgen seinen Gast wieder, und beinahe an derselben Stelle der Sonnenscheibe erblickte. Jetzt ließ er die Sonnenstrahlen durch eine kleine Oeffnung seines Fensterladens, in einem verfinsterten Zimmer, auf eine weiße Tafel fallen, und konnte auf diese Weise das Bild der Sonne und des Fleckens auf dieser Tafel den ganzen Tag durch beobachten. Er bemerkte bald, daß der Flecken sich von Ost gen West langsam fortbewege. Auch kamen in den nächsten Tagen noch mehre andere Flecke zu dem ersten, die alle dieselben Erscheinungen zeigten. Etwas später verschwand der erste Flecken an dem westlichen Rande der Sonne, und nach etwa zwei Wochen sah er ihn an dem östlichen Rande wieder eintreten. Er schloß daraus mit Recht, daß diese Flecken sich um der Sonne Mittelpunkt bewegen. Seine Freude über diese Entdeckung wurde dadurch etwas vermindert, daß er die Veränderlichkeit der Gestalt dieser Flecken, ja sogar ihr völliges Verschwinden in der Mitte der Sonnenscheibe bemerkte, und daß also diese Flecken keine permanenten Körper sind. Demungeachtet zieht er aus seinen Beobachtungen mit Recht den Schluß, daß die Sonne sich um sich selbst drehen müsse, wie dieß schon Jordan Bruno (der i. J. 1600 wegen seiner zu liberalen religiösen Gesinnungen lebendig verbrannt wurde), und später auch Kepler behauptet hatte. Der bereits erwähnte Jesuit, Christoph Scheiner aus Schwaben, suchte die Entdeckung der Sonnenflecken sich zu vindiciren. Sein Werk, Rosa Ursina, welches die Beobachtungen dieser Flecken enthielt, erschien aber erst i. J. 1630 zu Bracciano in Italien. Er soll den ersten Flecken zu Ingolstadt, wo er Professor war, im März 1611 gesehen und ihn seinen Zuhörern gezeigt haben. Die Nachricht davon verbreitete sich, wie er sagt, sehr schnell, und er wurde von mehren Freunden dringend ersucht, seine Entdeckungen bekannt zu machen, allein er wurde daran durch die Betrachtung gehindert, daß die Sache zu neu und mit den Grundsätzen der Philosophie seiner Zeit nicht im Einklange erscheinen möchte. Flecken oder Fehler in der Sonne

diese Weise erkannt und bestimmt hat. Man bemerkte bald, daß die Wege, welche diese Flecken auf der Sonnenscheibe beschreiben, in verschiedenen Jahreszeiten auch eine verschiedene Gestalt und Krümmung haben. Am Ende des ersten Drittheils des Junius und des Dezembers erscheinen sie als gerade Linien; in allen andern Jahreszeiten sind sie krumme Linien, und zwar wenden sie ihre erhabene oder convexe Seite ein halbes Jahr gegen Nord oder aufwärts, und die folgenden sechs Monate gegen Süd oder abwärts. Ihre stärkste Krümmung nach oben haben sie im August, und nach unten im Februar. Endlich bemerkte man noch, daß die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen der Flecken durch denselben östlichen oder westlichen Rand der Sonne nahe 27 Tage betrage. Diese Beobachtungen reichen schon hin, uns mit den Umständen der Rotation der Sonne um ihre Axe wenigstens im Allgemeinen bekannt zu machen. Wenn die Sonne sich um eine Axe

---

zu sehen, schien allen bisher gehegten Ideen von diesem Gestirne, dem Sinnbilde der höchsten Reinheit, zu widersprechen. Demungeachtet wollte er es endlich wagen, seine Beobachtungen öffentlich mitzutheilen, aber sein Provinzial, Theodor Busäus, ein peripatetischer Zelot, hielt ihn davon zurück. — Demungeachtet konnte Scheiner nicht ganz schweigen, und gab daher seinem Freunde Welser, Bürgermeister von Augsburg, im Dezember 1611 in drei Briefen, von seiner Entdeckung Nachricht, welche Briefe denn der letzte im Januar 1612 unter dem angenommenen Titel: Apelles post tabulam drucken ließ. Auch Galilei hatte diese Flecken schon im Anfange des Jahres 1611, also nahe gleichzeitig mit Fabricius gesehen, und darüber sogleich sehr richtige Ansichten aufgestellt. Später entwickelte sich ein heftiger Streit zwischen Galilei und Scheiner, indem der erste den andern des Plagiats beschuldigte, und behauptete, die Sonnenflecken vor allen zuerst gesehen zu haben. Wie dieß auch sein mag, Scheiner hat wenigstens die Sonnenflecken mit fortgesetztem Fleiße beobachtet. Sein Werk enthält 774 Folioseiten, die ganz diesen Beobachtungen gewidmet sind, und man sieht, daß er auch die Theorie dieser Flecken, und ihre Bewegungen richtig aufgefaßt hatte. Galilei lobte ihn früher selbst wegen seines hohen und seltenen Talents, und Hevel, dem in dieser Sache wohl ein Urtheil zustand, nennt ihn einen Mann incomparabilis et omnigenae eruditionis, qui hac in re omnibus palmam praeripuit. Scheiner beobachtete die Sonnenflecken unausgesetzt, von dem Jahre 1618 bis 1627, durch neun Jahre, und reducirte alle seine Beobachtungen auf die Ekliptik. Es wäre sehr zu wünschen, daß man unter den vielen Flecken, die oft in kurzer Zeit erscheinen, nur wenigstens einen herausfinden könnte, der weder seine Gestalt, noch seinen Ort auf der Sonnenscheibe beträchtlich änderte, und den man durch mehrere Revolutionen mit Genauigkeit verfolgen könnte. Aber Flecken dieser Art scheinen sehr selten zu sein. Derjenige, den man unter allen bisher gesehenen noch am längsten beobachten konnte, war der vom Ende des Jahres 1676, welchen Cassini durch volle 70 Tage also durch nahe drei volle Revolutionen verfolgte.

dreht, so müssen alle Punkte ihrer Oberfläche, also auch die Sonnenflecken, Kreise beschreiben, deren Ebenen auf dieser Axe senkrecht stehen, und deren Mittelpunkte alle in dieser Axe liegen müssen. Von diesen Kreisen wird derjenige, der durch den Mittelpunkt der Sonnenkugel geht, oder der gleichweit von den beiden Polen der Axe entfernt ist, der größte sein, und wir werden ihn daher, analog mit der Erde, den Sonnenäquator nennen können. Dieser größte Kreis der Sonne, und somit auch alle andern, mit ihm parallelen Kreise der Sonnenflecken, wird nun den Beobachtern auf der Erde unter verschiedenen Gestalten erscheinen können, I. als eine gerade Linie, wenn wir nur seine Kante sehen, oder wenn die Ebene des Sonnenäquators mit der Ekliptik zusammenfällt. II. Als ein eigentlicher Kreis, wenn unsere Gesichtslinie auf dem Sonnenäquator senkrecht steht, oder wenn der Sonnenäquator gegen die Ekliptik, unter einen Winkel von 90 Graden geneigt ist, und endlich III. als eine Ellipse, wenn wir den Sonnenäquator nur schief sehen, oder wenn er eine Neigung gegen die Ekliptik hat, die größer als Null und kleiner als 90° ist. Der letzte dieser drei Fälle ist der, in welchem sich die Erde in Beziehung gegen die Sonne befindet. Wir sehen die an sich kreisförmigen Bahnen der Sonnenflecken im Allgemeinen als Ellipsen, also müssen sie, und daher auch der, ihnen allen parallele Aequator, in einer, gegen unser Auge, schiefen Lage stehen. Da aber unser Auge selbst sich, sammt der Erde, um die Sonne bewegt, so kann jene Lage gegen uns eine veränderliche sein, selbst wenn, wie es sehr wahrscheinlich ist, die Lage des Sonnenäquators gegen die feste Ekliptik, ebenfalls fest und unveränderlich wäre. Da dieser Aequator, dessen Ebene man sich, wie eine endlose Tafel, nach allen Seiten unbegrenzt verlängert denken kann, mit der Ebene der Ekliptik, in welcher sich die Erde bewegt, nicht zusammenfällt, so wird die Erde, während ihrer Bewegung um die Sonne, ein halbes Jahr über, und eben so lange unter diesen Aequator, und nur zwei Augenblicke im Jahre wird sie in der Ebene dieses Aequators selbst sich aufhalten müssen. In diesen beiden letzten Momenten werden uns demnach die Bahnen der Flecken als gerade Linien erscheinen müssen, und da dieß, wie gesagt, am 10. Junius und am 10. December geschieht, wo die Länge der Erde, von der Sonne gesehen, 258 und 78 Grade beträgt, so muß die durch die Sonne gehende Knotenlinie des Sonnenäquators mit der Ekliptik auch dieselbe Länge haben. Kennt man aber einmal diese Durchschnittslinie beider Bahnen, so wird man durch einige leichte geometrische Beobachtungen auch bald den Winkel finden, unter welchem diese Bahnen gegen einander geneigt sind. Man sieht, daß die Beobachtung der größten Krümmungen jener Curven, im Februar und August, dazu vorzüglich geschickt sein wird. Auf diese Weise hat man gefunden, daß die Länge des aufsteigenden Knotens des Sonnenäquators mit der Ekliptik 258 Grade, und daß die Neigung dieser beiden Ebenen etwas über 8 Grade beträgt, wodurch nun die Lage des Sonnenäquators im Weltraume vollkommen bestimmt ist.

Noch ist die Beantwortung der Frage übrig, in welcher Zeit sich die Sonne um ihre Axe bewegt. — Wir haben bereits gesehen, daß

die Zeit zwischen den zwei nächsten Erscheinungen oder Verschwindungen eines Fleckens an dem Sonnenrande 27 Tage beträgt. Dieß ist aber noch nicht die wahre Rotationszeit der Sonne, denn da die Erde in ihrer jährlichen Bewegung in 27 Tagen auch nahe 27 Grade zurücklegt, so muß der Flecken in 27 Tagen nicht bloß den ganzen Umfang der Sonnenkugel, nämlich nicht bloß 360 Grade, sondern noch 27 Grade mehr zurückgelegt haben, um das zweitemal am östlichen Rande der Sonne zu erscheinen, so daß man daher die Proportion hat: $387^\circ : 360^\circ = 27$ T. : x T. oder, da x gleich $25{,}_{12}$ Tage ist, so beträgt auch die Umlaufszeit der Sonne um ihre Axe 25 Tage und nahe 3 Stunden.

Man hat von einem Einfluß der Sonnenflecken auf die Witterung gesprochen, der aber bis jetzt auf wissenschaftliche Weise nicht hat nachgewiesen werden können.

Ueber **Sonnenfinsterniß** s. d. Art. **Mond** S. 727; so wie über die scheinbare Bahn derselben die Art. **Ekliptik** und **Schiefe der Ekliptik**.

Sonnenuhren heißen Instrumente, welche dienen mit Hilfe des Schattens, den ein dem Lichte der Sonne ausgesetzter Stab, Stift oder Stiel wirft, die wahre Zeit nach der gewöhnlichen Stundeneintheilung zu bestimmen. Nach dem Augenschein bewegt sich der ganze Himmel während jedes Sterntages einmal um die feststehenden Erde herum. Stände die Sonne am Himmel still, so würde auch diese während jedes Sterntages um die ruhende Erdaxe die ganze Peripherie eines Kreises zurücklegen. Stellen wir uns nun hinter der Erde auf der der Sonne entgegengesetzten Seite irgend eine ebene oder krumme, aber feste und unveränderliche Fläche vor, so wird der Schatten, welchen die von der Sonne beleuchtete Erdaxe hinter sich wirft, auf diese Ebene fallen und auf ihr eben so gleichmäßig sich fortbewegen, wie die Sonne mit allen Fixsternen regelmäßig um die Erdaxe herumgeht, und so oft diese Sonne in allen folgenden Tagen von dem Meridian eines bestimmten Beobachtungsortes wieder dieselbe Entfernung, d. h. so oft die Sonne wieder denselben Stundenwinkel hat, so oft wird auch der Schatten der Erdaxe wieder dieselbe Stelle auf jener Fläche einnehmen, so daß, wenn man nur einmal weiß, welche Stelle er für 1, 2, 3 . . . Uhr einnimmt, man künftig auch immer umgekehrt aus dem Orte des Schattens auf die ihm entsprechende Tageszeit wird schließen können. Bliebe, wie vorausgesetzt wurde, die Sonne stets gleich einem Fixstern an demselben Orte am Himmel, so würde der Erdschatten in angegebener Weise die verschiedenen Stunden des Sterntages (s. d. Art. **Zeit**) anzeigen. Dieß ist abrr nicht der Fall, denn die Sonne steht bekanntlich nicht still unter den Fixsternen, sondern bewegt sich täglich nahe einen Grad gegen Osten und zwar nicht alle Tage mit derselben, sondern eigentlich mit einer veränderlichen Geschwindigkeit. Aber wenn dieses auch der Fall ist, so wird doch der Schatten der Erdaxe noch immer seinen täglichen Weg auf jener Fläche zurücklegen, und er wird auch auf derselben immer wieder dieselbe Stelle einnehmen, so oft diese

wahre Sonne dieselbe Stelle gegen den Meridian des Beobachtungsortes einnimmt, d. h. so oft die wahre Sonne, in dem Laufe eines jeden künftigen Tages wieder denselben Stundenwinkel hat. Der Schatten der Erdaxe auf jener Fläche wird also nicht mehr wie vorhin die Sternzeit, sondern er wird den Stundenwinkel der wahren Sonne, d. h. er wird die wahre Zeit angeben.

Jene angenommene Ebene hinter der Erde gibt es aber nicht und es ist auch unmöglich, eine solche zu construiren, aber eine einfache Betrachtung lehrt, wie man dieselbe auf eine leichte Weise ersetzen kann. Der Halbmesser unserer Erde beträgt, (vergl. d. Art. Erde S. 286.), 859 deutsche Meilen; der Halbmesser der Erdbahn aber, oder mit andern Worten, die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde hat 20658000 M. Die letzte ist also über 24000 größer, als die erste. Die ganze Erde ist also nur als ein sehr kleiner Körper, nur als ein beinahe verschwindender Punkt gegen jene hohle Himmelskugel anzusehen, in deren Oberfläche sich die Sonne aufhält. Wollten wir uns z. B. diese beiden Kugeln in ihrem wahren Verhältnisse durch ein Modell darstellen, in welchem der Durchmesser der kleineren, der Erde, einen Schuh beträgt, so müßten wir dem Durchmesser der größeren, der Himmelskugel, einen Durchmesser von 24000 Fuß, also von mehr als einer deutschen Meile geben, da schon 22842 p. Fuß auf eine solche Meile gehen. Also würde auch eine so kleine Kugel von nur einem Schuh im Durchmesser, wenn wir hinter ihr eine feste Fläche anbringen, oder wenn wir sie vor der ersten Wand eines Hauses oder vor dem Dache eines Thurmes u. s. w. aufstellen, uns ganz dieselben Dienste leisten, wie jener vorhergehende zu große, und darum für uns unmögliche Apparat, wenn nur, was allerdings hier Hauptsache ist, die Axe dieser kleinen Kugel, wofür hier irgend ein durch ihren Mittelpunkt gehender, und zu beiden Seiten verlängerter Stift genommen werden kann, mit der großen Weltaxe genau parallel gelegt wird. Wegen der so geringen Größe der Erde gegen die ungemeine Entfernung der Sonne kann man nämlich, ohne allen merklichen Fehler, annehmen, daß die Sonnenstrahlen, obschon sie eigentlich aus der Sonne divergent ausgehen, auf alle Punkte der Erde in unter sich parallelen Richtungen auffallen, und daß es daher, in Beziehung auf unsere Absicht, gleichviel ist, auf welchem Punkte der Oberfläche der Erde man diese Axe anbringt, wenn man sie nur mit der wahren Axe der Erde vollkommen parallel stellt, so daß also auch jene kleine Kugel, von der wir so eben gesprochen haben, ganz überflüssig wird, indem schon ein einfacher, der Erdaxe paralleler Stift genügt, um diesen unsern Endzweck zu erreichen, nämlich um durch den Schatten eines solchen Stifts, den er auf eine hinter ihm stehende, ebene oder krumme Fläche wirft, die wahre Zeit in jedem Augenblicke anzugeben.

Es bleibt hiernach nur übrig: 1) einen Stift so zu stellen, daß er der Erdaxe parallel ist, und 2) auf einer hinter diesem Stifte stehenden Fläche die Orte des Schattens dieses Stiftes für jeden Augenblick der wahren Zeit anzugeben. Wir nehmen zunächst an, jene Ebene

sei horizontal (liege parallel dem Horizonte des Beobachtungsortes); dann ist es leicht, den Stift in die der Erdaxe parallele Richtung zu stellen. Die Erdaxe macht nämlich mit dem Horizonte eines jeden Ortes auf der Oberfläche der Erde einen Winkel, der gleich der Polhöhe oder, was dasselbe ist, der gleich der geographischen Breite dieses Ortes ist, welche letzte man bekanntlich aus jeder guten Karte des Landes, in welchem jener Ort liegt, nehmen kann. Für Wien z. B. ist die geographische Breite 48° 12′ 35″. Sey also ABDE (Fig. 259.) die erwähnte horizontale Tafel. Man ziehe in ihr, durch irgend einen willkührlichen Punkt C, die zwei unter sich senkrechten Linien AB und DE und befestige in dem Punkte C der Tafel einen geradlinigen Stift CP über dieser Tafel so, daß er mit den beiden Linien CD und CE einen Winkel von 90 Graden, mit der Linie CA aber einen Winkel von 48° 12′ 35″ macht, so wird dieser Stift der Erdaxe parallel stehen, sobald man die horizontale Tafel so stellt, daß die Linie CA genau nach Nord, also auch CD nach Ost, CE nach West und CB endlich nach Süd gerichtet ist, so daß also die Linie ACB die Mittagslinie des Ortes darstellt. — Einfacher wird sich dieser Stift noch so in seine gehörige Lage stellen lassen. Man bilde sich z. B. aus Carton oder Metallblech ein bei G rechtwinkliges Dreieck CGP, dessen einer Winkel bei C gleich der Polhöhe des Ortes, also in unserem Beispiele, gleich 48° 12′ 35″ ist, und stelle dann dieses Dreieck senkrecht auf die Ebene der Tafel so, daß der Scheitel C desselben in den oben gewählten Punkt C der Tafel, und daß die Seite CG des Dreiecks in die oben gezogene Linie CA der Tafel fällt. In dieser Lage wird die größte, oder die dem rechten Winkel G gegenüberstehende Seite CP die wahre Lage des Stiftes angeben, so daß man also, bei dieser Stellung des Dreiecks, den Stift nur in die Richtung der Seite PC des Dreiecks bringen, und in dieser Lage an der Tafel befestigen kann.

Um nun auf der Tafel die Linien zu finden, in welche der Schatten des Stiftes fallen muß, wenn es 1, 2, 3... Uhr wahre Zeit ist, kann man folgendes geographisches Verfahren vornehmen. Nachdem man, wie zuvor, durch einen willkührlich gewählten Punkt C der Tafel die beiden unter sich senkrechten Geraden AB und DE gezogen hat, ziehe man nun, ebenfalls in der Ebene dieser Tafel, die Linie CQ so, daß sie mit der Linie CA einen Winkel ACQ gleich der Polhöhe des Ortes bilde. Man nehme dann in dieser Linie CQ irgend einen, ebenfalls willkürlichen Punkt P und errichte in diesem Punkte P auf die Linie CQ eine Senkrechte, welche die Linie AC in dem Punkte H schneiden soll. Durch diesen Punkt H ziehe man eine auf AC senkrechte, also mit DE parallele Gerade D′E′. Man nehme ferner in der Linie AC von dem Punkte H aus die Linie HO genau so groß, als jene Senkrechte HP war, und ziehe aus dem so bestimmten Punkte O, als aus dem Mittelpunkte, mit irgend einem willkührlichen Halbmesser, z. B. mit dem Halbmesser OH, den Halbkreis MHN. Theilt man dann die Peripherie dieses Kreises von dem Punkte H aus, zu beiden Seiten desselben, in sechs gleiche Theile, und zieht durch die Theilungspunkte a, b, c... die Halbmesser Oa, Ob, Oc... und ver-

längert dieselben, bis sie die oben erwähnte Gerade D′E′ in den Punkten a′, b′, c′... schneiden, so hat man nur diese Punkte a′, b′, c′... mit dem oben gewählten Punkte C durch die geraden Linien Ca′XI, Cb′X, Cc′IX u. s. w. zu verbinden, um die gesuchten Schattenlinien zu erhalten, auf welche nämlich der Schatten des Stiftes, der auf die oben erwähnte Weise in der Tafel befestiget wurde, in den Augenblicken fallen wird, wann es 11, 10, 9.. Uhr wahre Zeit Morgens ist. Eben so erhält man auf der andern Seite von AC die Schattenlinien für 1, 2, 3... Uhr Abends, und wenn man die Peripherie des Halbkreises MHN, statt wie zuvor in 12, genau in 24 oder in 48 gleiche Theile theilt, so erhält man auch die Schattenlinien für die Halben- und Viertel-Stunden zwischen jenen bereits gefundenen ganzen. Hat man die Tafel groß genug gewählt, so wird man selbst noch kleinere Theile der Stunde mit Sicherheit auf ihr eintragen können. — Eine solche Sonnenuhr wird eine Horizontaluhr genannt, weil sie auf eine horizontale Tafel verzeichnet ist. Stellt man in der That diese Tafel mittelst einer Libelle genau horizontal, und die Linie AC in die Richtung der Mittagslinie, so daß C auf der Nordseite liegt, so wird der Schatten des Stiftes CP oder CQ, so oft er von der Sonne beschienen wird, auf der bezeichneten Tafel die wahre Zeit angeben.

Obschon die angeführte Verzeichnung einer solchen Uhr von Jedermann leicht ausgeführt werden kann, so gibt es doch noch eine einfachere Art, eine Horizontaluhr zu construiren. Beide Methoden beruhen im Grunde auf der Auflösung von zwei ebenen Dreiecken, durch die man ohne Mühe findet, daß die Tangente des Winkels ACa′ oder ACb′.. der Schattenlinie Ca′ oder Cb.. mit der Mittagslinie CA der Uhr für jeden gegebenen Stundenwinkel der Sonne, gleich ist der Tangente dieses Stundenwinkels multiplicirt mit dem Sinus der Polhöhe des Ortes, in welchem man die Sonnenuhr errichten will. Sucht man z. B. den Winkel ACM oder ACN für den Stundenwinkel von 30°, oder von 2 Stunden vor oder nach dem Mittage für die Polhöhe von 30°, so findet man die Tangente von 30° gleich 0,57735 und den Sinus von 50° gleich 0,76604. Beider Product gibt, 0,44227 für die Tangente des gesuchten Winkels ACM, welcher Winkel daher gleich 23° 51′ 31″ ist, und so fort für alle übrigen Stundenwinkel. Hat man so viele Winkel ACa′, ACb′.. für alle einzelnen Stundenwinkel berechnet, so wird man sie mittels des sogenannten Transporteurs an die Seite CH rechts und links von derselben auf die Tafel auftragen, und die Sonnenuhr wird vollendet sein.

Die Rechnung, welche hier nöthig, kann man sich mit Hilfe der nachstehenden im Voraus berechneten Tafel ersparen.

Ist nämlich wieder CDE (Fig. 260.) die oben erwähnte horizontale Tafel, so ziehe man, wie dort, durch den willkührlichen Punkt C die Gerade CA und darauf senkrecht die Linie DAE. In der Linie CA errichte man, senkrecht auf die Tafel, das Dreieck GCP, dessen Winkel bei C gleich der Polhöhe ist, und befestige dann, in dem Punkte C, nach der Richtung der Seite CP den Stift CQ. Endlich theile man die gerade Linie CA in 1000 gleiche Theile, und trage dann auf

der Linie DAE, zu beiden Seiten von A, so viele dieser Theile auf, als die folgende Tafel für jeden Stundenwinkel angibt, wodurch man die Punkte a, b, c.. und a′, b′, c′.. erhält, die, mit C verbunden, die gesuchten Schattenlinien Ca, Ca′, Cb, Cb′.. der Horizontaluhr geben. Wollte man also eine solche Uhr, z. B. für Weimar errichten, so wird man, da die geographische Breite dieser Stadt 51° beträgt, von den 1000 gleichen Theilen der Linie CA, 208 von A nach a und nach a′ tragen, um die Schattenlinien für die erste Stunde vor und nach Mittag zu erhalten. Nimmt man eben so Ab=Ab′ =449 solcher Theile, so erhält man die Schattenlinien für 10 Uhr und für zwei Uhr nach dem Mittage, und so fort für alle übrigen Stunden und Unterabtheilungen derselben.

Nachstehende Tafel umfaßt ganz Deutschland und ist bis auf Viertelstunden berechnet.

Polhöhen.

Stunden.	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°
0 St. 0 M.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	46	47	48	49	49	50	51	52	52	53	54
30	93	95	96	98	99	101	102	104	105	106	108
45	141	143	145	148	150	152	155	157	159	161	163
1 0	189	193	196	199	202	205	208	211	214	217	219
15	240	244	248	252	256	260	264	267	271	275	278
30	293	298	303	308	313	317	322	326	331	335	339
45	349	355	361	366	372	378	383	389	394	399	404
2 0	409	415	422	429	436	442	449	455	461	467	473
15	472	481	489	497	504	512	519	526	534	541	547
30	543	552	561	570	579	588	596	605	613	621	629
45	620	631	641	652	662	672	681	691	700	709	718
3 0	707	719	731	743	755	766	777	788	799	809	819
15	806	820	834	847	861	873	886	899	911	922	934
30	921	937	953	968	984	998	1013	1027	1041	1054	1067
45	1058	1076	1094	1112	1129	1146	1163	1179	1195	1211	1226
4 0	1225	1246	1267	1287	1307	1327	1346	1365	1383	1401	1419
15	1434	1459	1483	1507	1530	1553	1576	1598	1619	1640	1661
30	1707	1737	1765	1794	1822	1849	1876	1902	1928	1953	1978
45	2083	2119	2154	2189	2223	2257	2289	2321	2353	2383	2413
5 0	2639	2684	2729	2773	2817	2859	2900	2940	2981	3019	3057
15	3555	3616	3677	3736	3794	3851	3907	3962	4015	4067	4118
30	5371	5464	5555	5645	5733	5819	5903	5985	6066	6145	6223
45	10788	10975	11158	11338	11515	11688	11857	12023	12184	12343	12498

Für 6 Uhr Morgens oder Abends ist die Entfernung des Durchschnittspunktes der Schattenlinien mit der Linie DAE, von A an gezählt, unendlich groß, d. h. diese Schattenlinie fällt in die durch C mit DE parallel gezogene Linie VI, VI. Will man dann noch die

übrigen weiter gegen Morgen oder gegen Abend fallenden Schattenlinien auf der Tafel verzeichnen, so wird man nur die bereits erhaltenen Schattenlinien rückwärts über C hinaus verlängern. So gehört z. B. die Schattenlinie C.IX für 9 Uhr Morgens, also auch ihre Verlängerung auf der anderen Seite von C für 9 Uhr Abends, und eben so wird die Linie C.III verlängert die Schattenlinie für 3 Uhr Morgens geben, wo man diese Linien offenbar nicht weiter fortsetzen wird, als die größte halbe Tageslänge des Orts beträgt.

Schwieriger wird es sein, eine Sonnenuhr für jede beliebige gegen den Horizont geneigte oder krumme Fläche zu construiren. Diese Sonnenuhren haben mit der horizontalen Sonnenuhr nur dieß gemein, daß ihr Stiel immer mit der Erdaxe parallel sein muß. Mit Hilfe einer guten Horizontaluhr kann man aber jede beliebig gerichtete Sonnenuhr leicht herstellen. Zu diesem Zwecke wird man die bereits verfertigte, und zur größeren Genauigkeit in einem bedeutenderen Maßstabe ausgeführte Horizontaluhr auf einen festen Tisch unmittelbar vor jener Fläche z. B. vor jener Wand bringen, auf welcher man die neue Uhr verzeichnen will. Auf diesem Tische stellt man dann die Tafel der Horizontaluhr, mittelst einer Libelle, horizontal, und überdieß die Linie CA (Fig. 259. und 260.) genau in die Mittagslinie, so daß der Punkt C nach Süd und der Punkt A genau nach Nord steht. Am einfachsten wird man dieß letzte, wenn man nicht schon eine verläßliche und genaue Pendel- oder Taschenuhr hat, erreichen, wenn man mit Hilfe des Gnomons den Augenblick bemerkt, wo der Schatten der verticalen Stange auf das schon durch frühere Beobachtungen bekannte Zeichen des Mittags fällt, und wenn man, in diesem Augenblicke, die immer horizontale Tafel der Uhr so dreht, daß der Schatten ihres Stiftes CQ genau auf die Schattenlinie CA der zwölften Stunde der Horizontaluhr fällt. In dieser Lage ist also die Horizontaluhr auf ihrem Tische vollkommen orientirt. Verlängert man nun, etwa durch einen gespannten Faden den Stiel CQ der Horizontaluhr, bis dieser Faden die Wand, auf welche die neue Uhr verzeichnet werden soll, in einem Punkte R trifft, so wird man in diesem Punkte R der Wand einen Stiel, z. B. eine Stange von Eisen so befestigen, daß er dem gespannten Faden genau parallel wird. Da sonach dieser Stiel auch der Weltaxe parallel ist, so wird er der Stiel der neuen Uhr sein. Auf dieselbe Weise, wie man den Stiel der Horizontaluhr verlängert hat, wird man aber auch die Schattenlinien derselben verlängern können, indem man nämlich den in C (Fig. 259. u. 260.) befestigten Faden von seiner ersten Lage CQ abhebt, und ihn in die Lage CA, Ca′, Cb′ . . der Schattenlinien der Horizontaluhr für 12, 11, 10 Uhr u. s. f. bringt, ihn in dieser Lage spannt, und die Punkte r, r′, r″ . . der Wand bemerkt, in welchem der so gespannte Faden die Wand trifft. Verbindet man dann diese Punkte r, r′, r″ . . der Wand mit dem vorigen Punkte R derselben durch die geraden Linien Rr, Rr′, Rr″ . ., so erhält man sofort auch die Schattenlinien der neuen Uhr für 12, 11, 10 . . Uhr und sofort für jede andere Stunde des Tages.

Dieß setzt voraus, daß die Wand, auf welcher die neue Sonnenuhr verzeichnet werden soll, eine Ebene, z. B. die senkrechte Wand eines Hauses oder die ebene Fläche irgend eines Daches ist, denn nur dann werden schon zwei Punkte wie R und r oder wie R und r' u. s. f. hinreichen, die gerade Linie, d. h. die Schattenlinie der Uhr zu bestimmen. Ist aber diese Wand eine krumme Fläche, z. B. die Oberfläche eines cylindrischen oder kegelförmigen Gebäudes, so sind die Schattenlinien einer solchen Wand nicht mehr gerade, sondern ebenfalls krumme Linien, zu deren Verzeichnuug jene zwei Punkte nicht mehr hinreichen. Allein in diesem Falle kann man sich eines sehr einfachen Mittels bedienen, diese krummen Schattenlinien unmittelbar zu finden. Dieses Mittel läßt sich auch eben so bequem und sicher zugleich bei ebenen Wänden anbringen, und es hat noch den Vortheil, daß man die neue Sonnenuhr selbst ohne Hilfe der Sonne oder zur Nachtzeit verzeichnen kann. Dieses Mittel besteht in einer Lampe, deren Licht man in einer beträchtlichen Entfernung von der Horizontaluhr aufstellt. Am besten wird man eine solche Lampe wählen, die ihr Licht nicht durch ein gewöhnliches Fensterglas, sondern durch eine Glaslinse schickt, in deren Brennpunkte die Flamme der Lampe steht. Dann werden nämlich die von der Flamme auf die Linse fallenden Strahlen, nach der Brechung durch diese Linse, unter sich parallel auf die Horizontaluhr treten, wie dieß auch mit den Strahlen der Sonne der Fall ist, und man wird daher eine solche Lampe auch ganz nahe an die Horizontaluhr halten können, um den Schatten des neuen Stils auf der krummen Wand desto deutlicher zu sehen. Hält man nun diese Lampe so, daß der Stiel CQ der Horizontaluhr nach und nach auf die Schattenlinien CA, Ca', Cb' . . derselben für 12, 11, 10 . . Uhr fällt, so wird auch der Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand diejenigen krummen Linien angeben, auf welche der Schatten dieses neuen Stiels, wenn er von der Sonne beschienen wird, um 12, 11, 10 . . Uhr fallen wird, und sofort für alle übrigen Stunden des Tages, so daß man also nur, für jede jener Lagen der Lampe, den Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand, seiner ganzen Länge nach, anzeichnen darf, um sofort auch die entsprechenden Schattenlinien der neuen Sonnenuhr zu erhalten.

Sonnenwenden, Wendepunkte, Sonnenstillstandspunkte, (lat.) Solstitialpunkte, heißen die zwei Punkte der Ekliptik, welche zwischen den Nachtgleichen (s. den Artikel) mitten inne liegen, und zwar heißt der am höchsten über dem Aequator in der nördlichen Hemisphäre liegende Punkt der Sommerwendepunkt, der andere der Winterwendepunkt. Sie sind von einander 180° und von den Nachtgleichen 90° entfernt, in denen Ekliptik und Aequator sich schneiden. Der Bogen des durch sie gelegten größten Kreises, welcher senkrecht auf der Ekliptik und auf dem Aequator steht, ist die Schiefe der Ekliptik (s. d. Art.). Dieser größte Kreis selbst heißt der Kolur der Solstitien. Diese Punkte haben ihren Namen daher, weil die Sonne, wenn sie in der Ekliptik bis zu dem Sommerwendepunkte nördlich gegangen ist, von diesem

Punkte an südlich nach dem Aequator zurückgeht, sich also wendet. Eben so geht sie bis zum Wintersolstitium südl. u. wendet sich dann wieder nördl. In diesen beiden vom Aequator entferntesten Punkten geht der Bogen der Ekliptik dem Aequator beinah parallel, daher scheint die Sonne in diesen Punkten (d. 21. Juni und 22. Dec.) angelangt, in ihrer Bewegung gegen den Aequator auf einige Zeit still zu stehen, und die Wendepunkte heißen daher auch Sonnenstillstandspunkte. Die beiden Kreise, welche parallel mit dem Aequator durch beide Wendepunkte gehen, heißen die Wendekreise. Wenn die Sonne im nördlichen Solstitialpunkte steht, so hat die nördliche Halbkugel der Erde den längsten Tag und die südliche Halbkugel die längste Nacht, wogegen die Sonne im südl. Wendepunkte dort die längste Nacht, hier den längsten Tag erzeugt.

Spannkraft, Federkraft, Schnellkraft, Elasticität ist die Eigenschaft der Körper, nach welcher sie in ihren frühern Zustand der Ausdehnung zurückkehren, wenn die Ursache aufgehoben wird, welche ihre Gestalt oder ihr Volumen veränderte. Die Luft ist vollkommen elastisch, denn wenn man eine zur Hälfte mit Luft erfüllte Blase zusammendrückt, so geht sie immer wieder in ihren früheren Zustand zurück, sobald man aufhört sie zu drücken; ebenso geht der Kolben des pneumatischen Feuerzeugs (s. d. Art. Feuerzeug S. 432.), wenn man ihn heruntergedrückt hat, trotz der starken Reibung von selbst zurück, weil die zusammengedrückte Luft mit Gewalt sich ausdehnt. Gleiches findet bei allen Gasen statt, mit derselben Kraft, mit welcher sie zusammengedrückt werden, streben sie sich auch auszudehnen, und darum werden die Gase elastische Flüssigkeiten genannt. Auch die (tropfbaren) Flüssigkeiten scheinen von den Drucken, denen sie ausgesetzt werden, keine bleibenden Eindrücke zu behalten; sie nehmen ihr Volumen in dem Augenblicke wieder ein, wo die Wirksamkeit der drückenden Ursachen aufhört. Unter den festen Körpern gibt es keinen, welcher eine gleiche Elasticität besäße, wie die Flüssigkeiten. Der Kautschuck oder Gummi Elasticum hat wahrscheinlich unter allen festen Körpern die meiste Elasticität, und doch kann durch lang anhaltende oder öfters wiederholte Drucke seine Gestalt verändert werden. Zu den am meisten elastischen festen Körpern gehört das Elfenbein, auf welcher Eigenschaft die Anwendung desselben zu Billardbällen beruht, denn der Abschlag, den der Ball beim Stoß erhält, ist die Folge einer Zusammendrückung, welche eine der Kraft dieser Zusammendrückung entsprechende Ausdehnung bei der Rückkehr in die frühere Form zu Folge hat, die sich als Abstoßung äußert. Man kann diesen Vorgang durch den Versuch nachweisen, indem man eine Elfenbeinkugel aus einer Höhe von mehren Fuß auf eine ebene Marmorplatte oder Glasplatte auffallen läßt. Der Ball springt beinah bis zu derselben Höhe zurück, von welcher man ihn herabfallen ließ. Hat man überdieß die Platte mit einer dünnen Schicht Oel bedeckt, so sieht man an dem Orte, wo der Ball aufschlug, einen mehr oder weniger breiten Abdruck, welchen der Ball zurückgelassen (je nach der Kraft, mit welcher er auffiel), oder hat man die Platte mit einem dünnen Ueberzug von Kienruß bedeckt, so

hat der Ball einen mehre Linien im Durchmesser haltenden schwarzen Fleck. Da nun der Ball die Ebene, wenn man ihn sanft auf sie legt, nur in einem Punkte berührt, so muß er beim Auffallen aus der Höhe eine bedeutende Zusammendrückung erfahren, sogleich aber sich wieder mit derselben Kraft ausgedehnt und dadurch zu der ersten Höhe zurückgeschleudert haben. Der Ball hat übrigens bei dem Experimente in seiner runden Gestalt keinen Schaden gelitten, woraus sich die Elasticität desselben ergibt. Aehnlich wie ein Ball von Elfenbein verhalten sich auch Bälle von Holz, Stein, Glas oder Metall. Die festen Körper sind sämmtlich elastisch; aber ihre Elasticität hat eine gewisse Grenze. Man kann ein Blatt Papier oder selbst ein Bleiblatt leicht beugen und es geht in die frühere Lage zurück, ist aber die Beugung zu stark, so ist die Elasticität bewältigt und das Blatt nimmt die neue Lage an (bricht), ohne ein Bestreben zu zeigen, in die frühere zurückzukehren.

Der Aggregationszustand der Körper bedingt eine Verschiedenheit der Art, in welcher die Spannkraft derselben sich äußern kann. Die gasförmigen Körper erreichen nie eine Grenze ihrer Ausdehnung, sie dehnen sich immer weiter aus, je geringer der sie zusammenhaltende Druck ist, und ihre Spannkraft ist immer gleich diesem Drucke; — die tropfbar flüssigen Körper haben eine Grenze ihrer Ausdehnung, sobald sie nur unterwärts und seitwärts eingeschlossen sind, indem sie in gewisser Höhe eine horizontale Oberfläche bilden; nach jeder Zusammendrückung kehren sie zu dieser Höhe zurück, vorausgesetzt, daß das umschließende Gefäß dasselbe bleibt; — die festen Körper haben eine nach allen Seiten begrenzte Form, ohne eines Gefäßes zu bedürfen, welche sie, so weit sie elastisch sind, nach jeder gewaltsamen Veränderung wieder annehmen. Während den gasförmigen Körpern, wenn sie Form haben sollen, nach keiner Seite hin das Gefäß völlig entzogen werden darf, kann dieses bei den tropfbarflüssigen nach Einer Seite, und bei den festen nach allen Seiten hin geschehen. Von selbst gehen die Gase nur auseinander, nie zusammen. Die tropfbaren Flüssigkeiten lassen sich Versuchen, bei denen sie ausgedehnt würden, um dann durch Elasticität wieder zusammenzugehen, wegen der leichten Beweglichkeit ihrer Theile nicht unterwerfen. Bei den festen Körpern endlich zeigt sich die Elasticität sowohl im Wiederzusammengehen, wenn sie ausgedehnt worden, als im Wiederausdehnen, wenn sie zusammengedrückt worden. Noch in einer dritten Weise tritt bei langen fadenartigen Körpern die Elasticität in der Drehung auf, indem ein gedrehter Draht oder Faden (auch wieder bis zu gewissen Grenzen) in die frühere Stellung zurückkehrt. Bei der Beugung eines festen Körpers findet auf der concaven Seite Zusammendrückung der Bestandtheilchen, auf der converen Seite dagegen Ausdehnung der Bestandtheilchen statt und daher ist die Wirkung der Elasticität dort Wiederausdehnen, hier Wiederzusammengehen. Je nach den Grenzen, in denen die Elasticität der Körper unüberwältigt bleibt, nennt man sie mehr oder weniger elastisch; je weiter jene Grenzen aus einander liegen, desto mehr elastisch sind die Körper. So sind elfenbeinerne Kugeln elastischer als bleierne, denn sie kehren nach einem stärkeren Drucke noch in ihre frühere Gestalt zurück; Stahlplatten sind

elastischer als Glasstreifen, denn sie können stärker gebogen werden; Seidenfäden elastischer als Kupfer- oder Silberdrähte, denn sie können weiter gedehnt werden; Darmsaiten elastischer als Eisendrähte, denn sie können weiter ausgezogen werden und kehren nachher in ihre frühere Länge zurück.

Nach dem Vorhergehenden kann man den Satz aussprechen: Alle Körper sind elastisch, d. h. alle können ohne zu brechen oder eine bleibende Formveränderung zu erleiden, durch mechanische Wirkungen einige Aenderungen in der Anordnung ihrer Bestandtheilchen, ihrer Gestalt oder ihres Volumens erfahren, und ihren ursprünglichen Zustand genau wieder annehmen, sobald die mechanischen Kräfte aufhören auf sie zu wirken. Man kann namentlich drei verschiedene Arten der Elasticität unterscheiden: Druck-Elasticität, welche allein die Gase und wie es scheint auch die Flüssigkeiten besitzen, die festen Körper aber auch zeigen; Dehnungs-Elasticität, und Drehungs-Elasticität, welche nur an festen Körpern beobachtet werden.

Da bei den gasförmigen Körpern die Elasticität nur in Einer Form, als Druckelasticität auftritt, so hat man einen eigenen Namen für diese Art der Elasticität: Expansion, Expansibilität, auch permanente oder absolute Elasticität (weil dieselben, wie oben gesagt wurde, keine Grenze der Ausdehnung haben) vorgeschlagen, und die luftförmigen Körper selbst expansible oder ausdehnsam flüssige Körper genannt. Das Mariottesche Gesetz (s. d. Art. Gase S. 647) war für die Luft nur erst innerhalb ziemlich enger Grenzen als richtig nachgewiesen worden; Oersted hat zuletzt zu bestimmen gesucht, bis zu welchen Grenzen dasselbe ausgedehnt werden dürfe. Eine der größten Schwierigkeiten, welche sich bei dieser Art von Versuchen darbietet, ist, genau die ausgeübten Drucke zu messen, denn es gibt hierzu nur zwei Mittel: Ventile, welche mit verschiedenen Gewichten belastet sind, und Quecksilbersäulen von verschiedenen Höhen. Oersted bediente sich bei seinen Versuchen des ersten Mittels, indem er die Versuche mit Windbüchsen (s. d. Art. Compressionsmaschinen) und mit Hilfe einer ausgezeichnet feinen Waage anstellte. Der Rauminhalt der Behälter, in denen die Luft zusammengepreßt wurde, ward durch das Gewicht des Wassers bestimmt, welches sie zu fassen vermochten; die Quantitäten Luft, welche man darin mit Hilfe der Pumpen anhäufte, wurden gleichfalls durch Wägungen bestimmt; endlich wurden die Drucke nach den Gewichten geschätzt, welche Ventile von bekannten Dimensionen tragen konnten, ehe sie sich von außen nach innen öffneten. Auf diese Weise hat Oersted bewiesen, daß bis zu einem Drucke von 60 Atmosphären die Luft dem Mariotteschen Gesetze unterworfen ist, d. h. daß die Volumina, welche sie einnimmt, stets im umgekehrten Verhältnisse der Drucke ist, welche sie erleidet. Bei einigen andern Versuchen trieb Oersted den Druck bis auf 110 Atmosphären (dann enthielt der Behälter 101 Grammes Luft); aber es scheint, daß das Ventil unter dem ungeheuern Gewichte, mit dem es in diesem Falle beladen werden mußte, eine Art Biegung erlitt und daher nicht mehr geeignet war, genaue Anzeigen zu geben.

Ueberschreitet man also nicht die Grenze von 60 Atmosphären, so kann man ganz sicher der Luftmanometer (s. d. Art. Manometer) sich bedienen, um die Drucke zu messen. Dieses Mittels wollte sich Oersted bedienen, um zu erkennen, ob die zusammengesetzten Gase und diejenigen, welche leicht in tropfbar flüssigen Zustand übergehen, in ihrer Zusammendrückbarkeit noch dem Mariotteschen Gesetze gehorchen. Er selbst untersuchte das schweflichte Gas (schweflichte Säure), welche bei 3 ½ Atmosphären tropfbar flüssig wird, und fand, daß dieses Gas nur bis etwa zu 2 ⅓ Atm. nach dem Mariotteschen Gesetze sich richtet; über diese Grenze hinaus werden seine Verdichtungen immer stärker, so daß sie bereits 3,3 betragen, wenn die der Luft erst 3,2 sind. Die Versuche werden auf folgende Weise angeordnet: Man nimmt zwei wohlcalibrirte Röhren, welche ziemlich dieselben Dimensionen haben, die eine ist mit trockener Luft, die andere mit gleichfalls trockener schweflichter Säure gefüllt und man stürzt sie in ein kleines Gefäß voll Quecksilber um. Dieses doppelte Manometer wird in eine viel aushaltende Glasröhre gebracht, welche senkrecht aufgestellt und mit Wasser gefüllt wird. Gegen das Wasser dieser Röhre übt man durch irgend ein Mittel den Druck aus; dieser Druck theilt sich dem Quecksilber und den Gasen mit, das Luftmanometer gibt das Maß und durch Vergleichung des Ganges des Luftmanometers mit dem Gange des danebenstehenden Gasmanometers leitet man das Gesetz, nach welchem die Verdichtung des Gases erfolgt, ab.

Despretz hat sich desselben Apparates bedient, um Oersted's Versuche auf das Cyangas, Ammoniak und Hydroschwefelsäure auszudehnen; er fand, daß diese Gase wie die schweflichte Säure zusammendrückbarer als Luft sind. *)

Auch über die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten und die dabei stattfindende Wärmeentwicklung hat Oerstedt Versuche angestellt. Der Apparat, mit dessen Hilfe er die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten beobachtet und mißt, ist in Fig. 261. u. 262. dargestellt. Er besteht wesentlich in einem Compressionsbehälter cc von dickem Glase und einem Behälter mit Haarrohre zz, den man mit einigen Physikern Piezometer nennen kann. Oerstedt hat dem Piezometer (Fig. 262.) ungefähr die Gestalt und Größe eines starken cylindrischen Thermometers gegeben, aber die Röhre bleibt offen und endet in einen Trichter oder eine kleine Bauchung. Ein wichtiger Punkt für die Genauigkeit des Instruments ist, diese Röhre in gleiche Theile zu graduiren, deren Capacität ein bekannter Bruch der Capacität des Cylinders ist. Zu diesem Zwecke bestimmt man das Gewicht des im Cylinder enthaltenen Quecksilbers, welches z. B. 1000 Grammes sein wird, und das Gewicht des in einer gegebenen Länge der Röhre enthaltenen Quecksilbers, welches z. B. 2 Decigramme für eine Länge

*) Die genaueren Zahlenangaben, welche Despretz anführt, sind ohne Zweifel ungenau, weil sie voraussetzen, daß die Luft selbst nicht nach dem Mariotteschen Gesetze zusammengedrückt werde.

von 100 Millimeter sein wird. Dann ist offenbar die 1 Millim. der Röhre entsprechende Capacität (vorausgesetzt, daß die Röhre wohl calabrirt ist) 0,000002 der Capacität des Cylinders, und da man bequem halbe Millimeter ablesen kann, entweder auf der Röhre selbst, welche mit einem Diamant graduirt worden, oder auf einem Maßstab, der an sie befestigt ist, so wird man die Milliontheile des ursprünglichen Volumens beobachten können.

Gesetzt nun, man wollte dieses Piezometer benutzen, um die Zusammendrückbarkeit des Wassers zu bestimmen, so füllt man es mit dieser von Luft wohlgereinigten Flüssigkeit und läßt durch leichte Wärmeveränderungen in die Röhre eine kleine Säule Luft, Quecksilber oder Schwefelkohlenstoff eintreten, welche das Volumen Wasser, gegen welches man operiren will, trennt und begrenzt. Ist das Piezometer auf diese Weise angeordnet, so befestigt man an seine Scala ein kleines Luftmanometer mm, d. h. eine cylindrische Röhre von 10 bis 15 Millimeter Durchmesser, 15 bis 20 Centimeter Länge, welche oben verschlossen und unten offen ist. Man bringt es in das Compressionsgefäß, welches vorläufig mit Wasser gefüllt ist, wie Fig. 261. darstellt, indem man alle nöthigen Vorsichtsmaßregeln nimmt, damit es keine merkliche Temperaturveränderung erleidet, denn eine Erhebung um ein halb Grad würde vielleicht schon hinreichen, den Index in den Trichter herabzustoßen und bei ein oder zwei Grad Sinkung höchstens würde ein Herabfallen in den Cylinder bewirkt werden. Es ist noch übrig, die große Masse Wasser des Behälters zusammenzupressen, damit sie ihren Druck auf die im Piezometer enthaltene Flüssigkeit mittelst der Oeffnung des Trichters t fortpflanze; zu diesem Ende schraubt man die Pumpe PP′ auf den starken Metallring VV′, in welchen der gläserne Behälter ausgeht, und zieht sie mit dem Schraubenschlüssel F stark an, um alle Verbindungen abzusperren. Es zeigt sich in BB′ eine Röhre, durch welche man Wasser bis zum Kolben S gießt und welche man nachher verschließt; während dieser Zeit entweicht die Luft durch die Seitenöffnung O, welche ihrerseits durch den Kolben verschlossen werden muß, sobald er anfängt niederzugehen. Nachdem dieß endlich ausgeführt, so braucht man nur das Querstück TT′ zu drehen, um die Schraube G in ihre Mutter hinabzudrücken, welche den Kolben vor sich hintreibt, und dann beobachtet man zugleich das Manometer mm′, um das Maß des Druckes, und den Index des Piezometers, um die entsprechende Volumenverminderung kennen zu lernen.

Folgendes sind die hauptsächlichsten Resultate, zu denen Oersted gelangte: 1) Bei einem Drucke von Einer Atmosphäre drückt sich das Wasser um 0,000045 seines ursprünglichen Volumens zusammen; 2) bis zu 70 Atmosphären bleibt die Zusammendrückbarkeit den drückenden Kräften proportional, so daß, wenn dieses Gesetz ohne Grenze fortging, ein Druck von 100 Atmosphären nur erst eine Zusammendrückung von 0,0045 des ursprünglichen Volumens hervorbringen würde und über 10000 Atmosphären nöthig wären, um das Wasser bis zur Hälfte seines Volumens herabzubringen; 3) die Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers geht für jede Atmosphäre nicht über Ein Milliontheil;

4) die des Alkohol beträgt 20 Milliontheile; 5) die des Schwefelkohlenstoffs 30 Milliontheile; 6) die des Schwefeläthers 60 Milliontheile; 7) die des Wassers, welches Salze, Alkali's oder Säuren enthält, ist etwas geringer als die des reinen Wassers. — Diese Zahlen sind die directen Resultate der Beobachtung, aber es bietet sich hierbei eine Frage dar, welche ein Gegenstand vielfacher Erörterungen unter den Physikern geworden ist, und die endlich durch Poissons Untersuchungen über die Elasticität der Körper vollständig beantwortet zu sein scheint. Es fragt sich, ob nicht das Piezometer, dessen Wandung zwischen der äußeren und inneren Flüssigkeit zusammengepreßt wird, eine merkliche Veränderung seiner Capacität erleidet, welche eine Correction bei den directen Versuchen nöthig macht. Oersted hat stillschweigend angenommen, daß diese Correction vernachlässigt werden könne; andere haben gemeint, die Wandung des Piezometers werde wie eine einfache Platte zusammengedrückt, und haben demgemäß auf eine Vermehrung der Capacität geschlossen, die man in Rechnung zu bringen habe; noch andere dagegen betrachteten als gewiß, daß, weil ein durchaus solider (nicht hohler) Körper von derselben Gestalt und Substanz wie das Piezometer durch die Zusammendrückung an Volumen verliert, um eine genau eben so bedeutende Quantität auch die Wandung des Piezometers verringert werden müsse, und daß also eine in Rechnung zu bringende Verminderung der Capacität stattfinde. Poisson ist der letzteren Meinung, deren Statthaftigkeit er nachweist, und sogar zeigt, daß, wenn man die ursprüngliche Capacität des Piezometers durch C bezeichnet, dann diese Capacität $C\left(1 - \frac{3\delta}{2}\right)$ unter dem Druck P beträgt, wobei δ die Zusammenziehung bedeutet, welche eine Röhre von derselben Substanz wie das Piezometer, und an ihren beiden Enden lediglich demselben Druck P ausgesetzt, erleiden würde, wobei dieser auf die Einheit der Oberfläche bezogen wird. Zöge man, statt auf diese Röhre einen Druck auszuüben, dieselbe mit der nämlichen Kraft in die Länge, so darf man im Allgemeinen annehmen, daß sie dieselbe Verlängerung δ erfahren würde; verlängert sich also, nach den Versuchen von Colladon und Sturm, eine Glasröhre, wenn sie mit einer Kraft gleich einer Atmosphäre (d. i. dem Gewicht einer Quecksilbersäule von 760 Millimetres Höhe, deren Basis gleich dem Schnitt der Röhre) ausgezogen wird, um 11 Zehnmilliontheilchen, so folgt daraus für die Capacität eines Piezometers von Glas unter einem Atmosphärendruck mehr, wenn man diese Capacität bei gewöhnlichem Druck C nennt, C (1 — 0,00000165), und bei einer Zunahme von Atmosphärendruck, genannt N, C (1 — 0,00000165 N). Man sieht hieraus, daß die ganze Genauigkeit der Versuche über die Zusammendrückbarkeit auf der genauen Bestimmung der Zusammenziehung im Volumen, oder auf der linearen Verlängerung der Substanz beruht, aus der die Einhüllung des Piezometers besteht. Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Arbeiten von Oersted und Colladon und Sturm. In der zweiten Columne stehen die von den Beobachtern gegebenen Zahlen, und in der dritten dieselben Zahlen nach den gemäß

der vorhergehenden Formel erfolgten Correctionen, wobei die 11 Zehnmilliontheilchen für die lineare Verlängerung des Glases unter dem Gewichte eines Atmosphärendrucks in Anschlag gebracht sind. Diese Correction vergrößert die Zahlen von Oersted, weil er die Capacität des Piezometers als constant vorausgesetzt hatte, und vermindert die von Collabon u. Sturm, weil diese eine Zunahme der Capacität um 3δ, statt um $\frac{3\delta}{2}$ angenommen hatten.

Tabelle der Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten.

Namen der Substanzen.	Zusammendrückbarkeiten für eine Atmosphäre ausgedrückt in Milliontheilchen des ursprüngl. Volumens.	Zusammendrückbarkeiten, bei denen Correction ausgeführt.
	Oersted	
Quecksilber	1	2,65
Alkohol	20	21,65
Schwefelalkohol	30	31,65
Wasser	45	46,65
Schwefeläther	60	61,65
	Collabon u. Sturm	
Quecksilber	5,03	3,38
Schwefelsäure	32,	30,35
Salpetersäure	32,2	30,55
Ammoniak	34,7	33,05
Essigsäure	42,2	40,55
Wasser mit eingeschlossener Luft	49,5	47,85
Wasser ohne Luft	51,3	49,65
Salpeteräther	71,5	69,85
Terpentinessenz	73,	71,35
Essigäther	79,3	77,65
Salzäther	85,9 f. d. 1ste Atmosph.	84,25
—	82,25 f. d. 9te Atmosph.	80,60
Alkohol	96,5 f. d. 1ste Atmosph.	94,95
—	93,5 f. d. 9te Atmosph.	91,85
—	89 f. d. 24ste Atmosph.	87,35
Schwefeläther bei 0°	133 f. d. 1ste Atmosph.	131,35
—	122 f. d. 24ste Atmosph.	120,45
Derselbe bei 11°	150 für die 1ste Atmosph.	148,35
—	141 f. d. 24ste Atmosph.	139,35

Man sieht, daß im Allgemeinen die Zahlen Collabon's und Sturm's etwas größer sind, als die Oerstedschen. Die Differenz ist unbedeutend bei dem Quecksilber und dem Wasser, beträchtlich bei dem Schwefeläther, und noch größer bei dem Alkohol. Letztere beiden Flüssigkeiten, so wie der Salzäther veranlassen eine wichtige Bemerkung, daß nämlich die Zusammendrückbarkeit abnimmt in dem Maße, wie der Druck steigt; endlich bemerkt man auch eine sehr beträchtliche Steigerung der Zusammendrückbarkeit des Schwefeläthers, zwischen den Temperaturen 0° und 11°. — Die bei der Zusammenpressung der Flüssig-

keiten frei werdende Wärme ist sehr schwer zu beobachten. Oersted fand sie nicht beobachtbar; Colladon und Sturm brachten ein Thermometer von Breguet zum Steigen von 4 bis auf 6°, indem sie den Schwefeläther schnell hintereinander durch starke Hammerschläge zusammendrückten. Wasser und Alkohol brachten bei demselben Verfahren keine beträchtliche Veränderung hervor. Da indessen Drucke von 30 — 36 Atmosphären, die man ein wenig langsamer, als durch den Stoß eintreten ließ, den Zeiger des Thermometers nach der entgegengesetzten Seite trieben, so mußte man voraussetzen, daß die Zusammendrückung, unabhängig von aller Wärme, auf den die Federn bildenden Metallstreifen Einfluß haben könne, man folglich dem Anzeiger dieses Instrumentes nicht trauen dürfe. — Oersted glaubte bei seinen ersten Versuchen bemerkt zu haben, daß das Wasser, wenn man es mehrmals zusammendrückt, bis zu einem gewissen Punkt die Fähigkeit verliere, in sein ursprüngliches Volumen zurückzukehren; doch schien sich diese Beobachtung durch spätere Versuche nicht zu bestätigen. Man darf also erstens annehmen, daß die Gase und Flüssigkeiten eine vollkommene Elasticität besitzen, d. h. daß die stärksten Pressungen, denen man sie, sei es langsam oder schnell, unterwirft, immer unvermögend bleiben, um ihre Structur auf die Dauer zu verändern, daß folglich, so wie die Ursachen aufhören, die Flüssigkeiten ihr ursprüngliches Volumen wieder einnehmen; zweitens, daß die Umhüllung des Piezometers unter den Bedingungen, bei welchen man bis jetzt experimentirte, gleichfalls vollkommene Elasticität besitze, denn wenn sie sich für die Dauer merkbar zusammendrückt, so würde man gewiß nicht dieselben Zusammendrückbarkeiten durch Versuche mit einem neuen und einem schon gebrauchten Piezometer erhalten.

Bei den festen Körpern muß man die dauernde und vorübergehende Zusammendrückbarkeit unterscheiden, welche letztere mit ihrer Erregungsursache wieder verschwindet. Die Metalle können, wie bekannt, durch die Bearbeitung eine ansehnliche Zunahme ihrer Dichtigkeit erfahren; ebenso lassen sie sich durch den Stoß eines Hammers, oder eines Schwengels, oder durch den Druck einer Presse zusammendrücken, aber diese Zusammendrückbarkeit ist ein Beweis für ihre unvollkommene Elasticität, sofern sie den Eindruck der auf sie ausgeübten einwirkenden Kraft behalten, selbst wenn diese Kräfte aufhören thätig zu sein. Wären Silber und Gold vollkommen elastische Körper, so könnte man sie wohl graviren, aber nicht Münzen oder Medaillen aus ihnen schlagen. Da diese Beobachtungen sich auf die meisten festen Körper anwenden lassen, so kann man daraus schließen, daß sie unter gewissen Bedingungen zusammendrückbar, ohne in ihren vorigen Zustand zurückzukehren, folglich unvollkommen elastisch sind. Von den auf diese Weise zusammengedrückten Körpern sagt man, ihre Bestandtheilchen werden gezwungen, eine andere Lage einzunehmen, nimmt aber gewöhnlich an, daß es für jeden derselben einen gewissen Grad der Zusammendrückbarkeit gibt, unterhalb dessen sie vollkommen elastisch sind, und in ihren vorigen Zustand zurückkehren. Alles, was man über diesen schwierigen und wichtigen Gegenstand weiß, verdankt man den Un=

tersuchungen der Mathematiker. Wir heben hier die einflußreichsten und am unmittelbarsten bezüglichen heraus.

Wenn eine hohle Kugel von gleicher Masse u. constanter Dicke (Fig. 263.) von innen u. außen einem gegebenen Drucke unterworfen wird, so bestimmt man auf folgende Art die Veränderungen, welche sie durch die Wirkung des Druckes erfährt: Es sei R der ursprüngliche Werth des äußeren Radius CR, R′ sein Werth nach dem Druck, r die ursprüngliche Geltung des innern Radius cr, r′ sein Werth nach der Zusammendrückung, H der Druck auf jede Einheit der äußeren Oberfläche, h der Druck auf jede Einheit der inneren Oberfläche, A ein constanter Werth, welcher von der Beschaffenheit der Substanz abhängt, so ist: $R' = R\left[1 - \frac{4(HR^3 - hr^3) + 5(H - h)r^3}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$ $r' = r\left[1 - \frac{4(HR^3 - hr^3) + 5(H - h)R^3}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$. 1) Erfährt die hohle Kugel von außen und innen gleichen Druck, so hat man $H = h$, folglich die Werthe von R′ u. r′; $R' = R\left(1 - \frac{H}{5A}\right)$, $r' = r\left(1 - \frac{H}{5A}\right)$. Folglich erleiden für diesen Fall der große und kleine Radius verhältnißmäßig dieselbe Zusammenziehung, und diese Zusammenziehung steht im geraden Verhältniß des Druckes, und im umgekehrten Verhältniß des constanten Werthes A.

2) Um die Formeln für eine gefüllte Kugel abzuleiten, braucht man nur $r = 0$ zu setzen, so erhält man: $R' = R\left(1 - \frac{H}{5A}\right)$ woraus folgt, daß bei demselben Druck eine hohle und eine volle Kugel aus gleichem Stoffe gleiche Zusammenziehungen erleiden.

3) Ist der innere Druck $= 0$, also $h = 0$, so entstehen für R′ und r′ die Werthe $R' = R\left[1 - \frac{H\,(4\,R^3 + 5\,r^3)}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$ $r' = r\left[1 - \frac{9\,HR^3}{20\,A\,(R^3 - r^3)}\right]$. Also erfährt der äußere Radius immer eine kleinere Zusammenziehung, als der innere, und sobald er im Verhältniß zu diesem sehr groß ist, beträgt seine Zusammenziehung nur $\frac{4}{9}$ davon.

4) Man kann immer auf das Innere einen solchen Druck ausüben, daß der innere Radius keine Veränderung erleidet; das Verhältniß des innern Drucks zum äußern darf nur folgendes sein: $\frac{h}{H} = \frac{9\,R^3}{5\,R^3 + 4r^3}$. Das Verhältniß der Drucke, welches diese Wirkung hervorbringt, hängt also von dem Verhältniß der inneren und äußeren Radien ab. Hat man z. B. $R = 2r$, so braucht man nur inwendig einen Druck anzubringen, der $\frac{18}{11}$ des äußeren Drucks beträgt, wenn der innere Radius keine Veränderung erleiden soll.

5) Man kann auch den Druck dergestalt ausüben, daß der äußere Radius derselbe bleibt, dann braucht nur $\frac{h}{H} = \frac{4\ R^3 + 5\ r^3}{9\ r^3}$ zu sein. Ist z. B. $R = 2r$, so findet man $\frac{h}{H} = \frac{37}{9}$. Sollte also hier der äußere Radius sich nicht verändern, so braucht man inwendig einen Druck mehr als vierfach so stark, als der äußere Druck.

6) Wäre die innere Hohlung dieser Kugel mit einer homogenen festen oder flüssigen Substanz angefüllt, für welche der constante A analoge Werth einen größeren oder geringeren Werth als A, A′ hätte, so würden für die äußeren u. innern Radien nach der Zusammendrückung folgende Werthe entstehen: $R' = R\left[1 - \frac{H(4A + 5A')R^3 - 5H(A' - A)r^3}{5\ AD}\right]$ $r' = r\left[1 - \frac{9\ HR^3}{5\ D}\right]$ wobei der Werth von $D = A'(5R^3 + 4r^3) + 4A(R^3 - r^3)$. Also wendet man den Werth von r' zugleich auf die letzte innere Schicht der Umhüllung Rr (Fig. 263.) und auf die erste äußere Schicht des Kerns cr an, so erhält man zugleich die Zusammendrückbarkeit des Kernes, welche von dem constanten Werth A′ abhängt, der der Substanz angehört. Ist $A' = A$, so sieht man leicht, daß der Kern zusammengedrückt wird, als träfe ihn unmittelbar der äußere Druck H. Folglich wird eine flüssige Kugel nach denselben Gesetzen zusammengedrückt, wie eine feste, und selbst bis auf ein und dieselbe Größe, wenn der constante Werth A′ der Substanz derselbe ist. Ist $A' = 0$, so kommt man auf dieselben Werthe von R′ u. r′ zurück, welche so eben für $h = 0$ sich ergaben, und zwar nothwendig, weil, wenn man $A' = 0$ setzt, man der Substanz des Radius eine unbegrenzte und widerstandslose Zusammendrückbarkeit zuschreibt. Für alle die Werthe von A′, welche zwischen 0 und A liegen, sind die Werthe von A′ und r′ in denen begriffen, welche $h = 0$ und $h = H$ entsprechen, woraus folgt, daß der Kern immer weniger zusammengedrückt wird, als wenn der Druck H unmittelbar auf ihn gewirkt hätte.

Hat man endlich $A' > A$, so werden die Werthe von R′ u. r′ analog denen bei $h > H$, d. h. man kann immer einen Werth von h finden höher als von H, welcher R′ und r′ dieselben Werthe geben würde, als die Voraussetzung $A' > A$; sucht man nun die Wirkung, welche der äußere Druck H, unmittelbar auf den Kern wirkend, hervorbringen würde, so würde man sie immer geringer finden, als die durch das Zwischenmittel der festen Umhüllung hervorgebrachte Wirkung. Dieses sonderbare Resultat wird durch die Beobachtung erklärlich, daß der Kern, wenn er minder zusammendrückbar ist, als die sphärische Umhüllung, den innern Radius cr verhindert, die ganze ihm zukommende Verkleinerung anzunehmen, sich also verhält, wie ein bestimmter innerer Druck, größer als der äußere; die Begrenzung dieser Wirkung erhält man bei der Voraussetzung $A' = \infty$, d. h. wenn man den Kern als vollkommen unzusammendrückbar annimmt; dann ist der

innere Radius constant, und da man ihn auch constant machen kann durch einen Druck $h = H \frac{9 R^3}{5 R^3 + 4 r^3}$, so leuchtet ein, daß der Kern diesen Druck erfahren muß. Deßhalb also muß er mehr zusammengedrückt sein, als wenn er den äußern Druck H unmittelbar erführe. Um die Ableitungen nach dieser Theorie durch die Erfahrung zu bestätigen, muß man im Stande sein, den constanten Werth A zu bestimmen, welcher jede Substanz im Verhältniß zu ihrer Zusammendrückbarkeit bezeichnet. Poisson gibt dafür folgende Formel: $A = \frac{2 L}{5 a s}\left(P + \frac{P'}{2}\right)$ weche sich leicht auf die als Fäden oder Stangen darstellbaren Substanzen anwenden läßt. Denn, hat man einen Faden, dessen Länge L, Gewicht P', Schnitt s ist und den man zuerst an seinem obern Ende vertical befestigt, dann an seinem untern Ende mit einem Gewichte beschwert, und beobachtet man hierauf die Verlängerung, welche er erfährt, so braucht man nur, um den Werth von A zu erfahren, alle diese gegebenen Werthe in der Formel zu substituiren. Nimmt man im Allgemeinen bei dieser ganzen Theorie an, daß die durch bestimmte Kräfte hervorgebrachte Zusammendrückbarkeit gleich sei der Ausdehnbarkeit, welche durch dieselben Kräfte bewerkstelligt würde, so sieht man, daß die vorhergehende Formel mittelst der Zusammendrückbarkeit auch den Werth von A geben könnte. Denn vernachlässigt man $\frac{P'}{2}$, welches immer im Verhältniß zu P sehr klein sein wird, und nimmt dafür an, daß das Gewicht P die Stange in ihrer Längenrichtung zusammendrücke, wobei a die Zusammenziehung bezeichnen möge, so hat man $A = \frac{2 L P}{5 a s}$. Aus dem Einflusse des Gewichts auf die Oberfläche s ergibt sich, daß der Druck H auf die Oberfläche ist $H = \frac{P}{s}$, setzt man ebenso $L = 1$, so hat man $A = \frac{2 H}{5 a}$. Diese Formel begründet ein merkwürdiges Verhältniß zwischen der Zusammenziehung a, welche eine an ihrem Ende gepreßte und in ihrem übrigen Umfange freie Stange erfährt, und zwischen der, welche eine Kugel von derselben Substanz erleidet, welche demselben Druck H auf ihrer ganzen Oberfläche ausgesetzt ist. Denn wir fanden für diesen letztern Fall $R' = R\left(1 - \frac{H}{5 A}\right)$. Daraus wird, wenn man A substituirt, $R' = R\left(1 - \frac{a}{2}\right)$, woraus man ersieht, daß die Zusammenziehung, welche eine nur an ihren Enden gepreßte Stange erfährt, doppelt so groß ist, als wenn dieselbe Stange denselben Druck an allen Punkten ihrer Oberfläche erführe.

Das Volumen der zusammengedrückten Kugel ist $v\left(1 - \frac{3 a}{2}\right)$

wenn v ihr ursprüngliches Volumen war. Hieraus folgt endlich, daß, wenn man die lineare Verlängerung einer mit einer gewissen Kraft an ihren Enden ausgezogenen Substanz kennt, man davon die Hälfte nehmen muß, um die lineare Zusammenziehung derselben Substanz, wenn sie an allen Punkten denselben Druck erfährt, zu kennen, und $\frac{3}{2}$, um die Zusammenziehung des Volumens zu erfahren. Nach diesen Grundsätzen wurden vorher die Correctionen bei den piezometrischen Beobachtungen vorgenommen.

Drückt man feste Körper über die Grenzen ihrer vollkommenen Elasticität hinaus zusammen, so verharren sie mehr oder weniger in diesem Zustande, und zeigen zunehmende Dichtigkeiten, die man bis jetzt noch sehr wenig erforscht hat. Dauert die Zusammendrückung bis ins Unendliche fort, mit beständig gleichem Druck auf alle Theile der Oberfläche, so scheint es, würden endlich die meisten festen Körper in Staub zerbröckeln, aber wenn die Drucke ungleich sind, so bedarf es keiner großen Kraftäußerungen, um auch die zähesten Substanzen zu zerquetschen. Da es oft von Nutzen ist, sowohl bei physikalischen Untersuchungen, als bei der Anwendung auf Künste und Gewerbe, gegebene Resultate über diese Eigenschaften der Körper zu haben, so stellen wir in der folgenden Tabelle mehre der durch Rondelet und Rennie erhaltenen Resultate zusammen: *)

Widerstand, welchen die Steinarten der Zerquetschung entgegensetzten, nach den von Rondelet mit Würfeln von 5 Centimetres Seitenlänge angestellten Versuchen.

Namen der Gesteine.	Dichtigkeiten.	Gew., welches die Zerquetschung bewirkte, in Kilogrammes.
Basalt aus der Auvergne	2,88	51945
Weißer Sandstein	2,48	23086
Schwarzer Marmor aus Flandern	2,72	19719
Granit aus der Normandie, gen. gatinos	2,66	17555
Grauer Granit aus Bretagne	2,74	16353
Schwarzer Stein von Saint Fortunat, im Gebrauch zu Lyon, sehr hart und muschlich	2,65	15668
Grüner Granit von den Vogesen	2,85	15487
Liais von Bagneux, ohnweit Paris, sehr hart u. feinkörnig	2,44	11113
Weißer Statuenmarmor	2,69	8176
Fels von Arcueil, ohnweit Paris	2,08	6334
Fels von Chatillon, bei Paris, hart, von ziemlich muschlichem Bruch	2,29	4347
Stein von Saillancourt, bei Pontoise		
erster Qualität	2,41	3536
zweiter Qualität	2,29	2994
dritter Qualität	2,10	2304

*) Es ist allerdings zu bedauern, daß wir statt dieser für Frankreich, namentlich Paris nützlichen Tabelle nicht eine ähnliche, für Deutschland gleich interessante zu geben vermögen.

Namen der Gesteine.	Dichtigkeiten.	Gew., welches die Zerquetschung bewirkte, in Kilogrammes.
Fester Stein von Conflans, in Gebr. zu Paris	2,07	2245
Pflasterstein von Montmartre, bei Paris.........	1,92	1785
Vergelée, aus den Umgebungen von Paris, weich, grobkörnig, wasserbeständig..........................	1,33	1496
Weicher Bruchstein od. Lambourde von Conflans, erster Qualität..	1,82	1407
Lambourde zweiter Qualität, weich, in der Feuchtigkeit schlecht sich haltend.......................	1,56	575
Weicher Sandstein..	2,49	98

Widerstand der Hölzer beim Zerquetschen, nach den von Rennie mit Würfeln von 1 engl. Zoll Seitenlänge angestellten Versuchen.

Hölzer.	Gew., welches die Zerquetschung bewirkte, in schweren engl. Pfunden.
Englische Eiche........................	3860
Weißtanne................................	1928
Amerikanische Fichte.................	1606
Ulme..	1284

Widerstand der Metalle beim Zerquetschen, nach den von Rennie mit Würfeln von $\frac{1}{4}$ engl. Zoll Seitenlänge angestellten Versuchen.

Metalle.	Dichtigkeiten.	Gewicht in engl. Pfunden.
Eisen, aus dem Mittelpunkte einer breiten Masse genommen..	7,033	9773
Eisen, von horizontal gegoss. Barren genommen	7,113	10114
Eisen von vertical gegossenen Barren.............	7,074	11137
Gegossenes Kupfer.......................................	7,074	7318

Das schwere englische Pfund beträgt nach Kilogrammes 0,45355 und der engl. Zoll, in Metres ausgedrückt, 25^{mm},3999.

Leicht würde man nach diesen gegebenen Größen die für eine Säule erforderliche Höhe berechnen können, welche durch ihr eigenes Gewicht ihre Basis zerquetschen sollte. So würde man z. B. für den Basalt aus der Auvergne eine Höhe von 7215 Metres, d. i. ungefähr 2 Meilen (französische) finden. Daraus könnte man also schließen, daß ein cylindrisches Basaltgebirge brechen müßte durch sein eigenes Gewicht, wenn es vom Fuß bis zum Gipfel 2 Meilen hoch wäre; doch würden unterhalb des Fußes die Seitenpressungen einen Theil der Last auf sich nehmen. (Vergl. d. Art. Festigkeit.)

Verarbeitet man die festen Körper zu Fäden, Stangen oder Barren, so entwickeln sie, während sie nach der Richtung ihrer Axe durch allmählig wachsende Kräfte ausgezogen werden, verschiedene Erscheinungen: 1) Ihre Länge vergrößert sich, und ihr Durchmesser schwindet;

2) sie kehren vollkommen zu ihren ursprünglichen Dimensionen zurück, wenn die ausziehenden Kräfte nachlassen, ohne gewisse Grenzen überschritten zu haben; 3) über diese Grenzen hinaus bleiben sie nach einer Richtung verlängert, nach der andern dünner geworden; 4) bei noch gesteigerten Kräften reißen sie bald rasch und heftig in ihrer ganzen Breite, bald langsam, wobei sie immer dünner werden. Natürlich erscheint die Voraussetzung, daß während des Ausziehens das Volumen des Körpers ohngefähr ebenso zu- wie während des Zusammendrückens abnimmt. In der That beobachtete dieß Cagniard de la Tour, indem er einen Kupferfaden in einer langen, mit Wasser gefüllten passend aufgestellten Röhre auszog, und Poisson zeigte, daß, wenn man im Allgemeinen durch a die Verlängerung ausdrückt, welche ein Cylinder, dessen Länge der Einheit gleich gesetzt wird, erleidet, die Verkürzung in der auf der Axe perpendiculären Richtung nur $\frac{a}{4}$ beträgt. Ist also das ursprüngliche Volumen v, so wird das Volumen während des Ausziehens v $\left(1 + \frac{a}{2}\right)$ betragen. s'Gravesande war vermuthlich der erste, welcher die Grundgesetze über die Elasticität der Spannung der Fäden aufstellte. Der Apparat, dessen er sich bediente, beruht auf folgenden Grundsätzen: Der Faden wird horizontal zwischen zwei festen Punkten F u. F′ (Fig. 264.) ausgespannt; in seiner Mitte befestigt man eine kleine Wagschaale mittels eines Häkchens C, damit aber dieses erste Gewicht dem Faden keine Biegung gibt, so hält man das Gleichgewicht mittelst eines Gegengewichts, welches an einem seidenen Faden befestigt ist, der in einer kleinen Rolle p geht, in deren Mitte eine Nadel G befestigt ist. Hierauf beobachtet man die Stellung der Nadel gegen das in DGD getheilte Zifferblatt, und beginnt sacht die Schaale des Hakens mit allmählich verstärktem Gewichte zu beschweren. Der Faden spannt und krümmt sich mehr und mehr, es bildet sich eine Biegung HH′, dessen Länge man durch die Zahl der Abtheilungen bestimmt, welche die Nadel durchlaufen hat, und nun braucht man nur die Triangel FHH′ u. F′HH′ zu berechnen, um daraus die wirkliche Länge FH′F′ des Fadens abzuleiten. Die Spannung betreffend, welche er erleidet, berechnet man dieselbe nach den gewöhnlichen Regeln der Mechanik aus den beigefügten Gewichten, mit welchen man die Schaale beschwerte, wobei man nöthigenfalls das Gewicht des Fadens selbst mit in Rechnung bringt. 's Gravesande wieß hierdurch die vollkommene Elasticität der Spannung bei Fäden und kleinen Platten nach, innerhalb gewisser Grenzen, denn sie kehren genau in den vorigen Zustand zurück, sobald die ausziehende Kraft nachläßt, und hieraus folgt als Grundgesetz, daß innerhalb dieser Grenzen die Verlängerungen den ausziehenden Kräften proportional sind. Die Faden, welche einen Theil der Verlängerung, die sie durch das Ausziehen erlitten, auch noch nach demselben zeigen, hören deßhalb noch nicht völlig auf elastisch zu sein. Dieser neue Zustand ist analog dem ursprünglichen und auch sie kehren innerhalb bestimmter Grenzen dahin zurück. Man darf sich also nicht wundern, wenn man

bei ein und demselben Faden mehr oder minder elastische und mehr oder minder dichte Theile findet. —

Die **Zähigkeit** der Körper ist der Widerstand, den sie dem Zerreißen entgegensetzen, sobald sie in der Richtung ihrer Länge ausgezogen werden. Sei s die Zahl der Quadratmillimeter des Schnittes perpendiculär auf die Axe eines Fadens, einer Stange, oder überhaupt eines prismatischen Körpers; K die Zahl Kilogrammes, welche nöthig sind, um mittelst Ausziehens das Zerreißen zu bewirken. Nimmt man an, daß die Kraftäußerung sich gleichförmig zwischen alle Quadratmillimeter des Schnittes s vertheile, so ist klar, daß $\frac{K}{s}$ die Kraftäußerung für ein Quadratmillimeter sein muß; dieß ist also im Allgemeinen der Ausdruck für das Maß der Zähigkeit. Es wird folglich eine Substanz die doppelte Zähigkeit einer anderen besitzen, wenn der Werth von $\frac{K}{s}$ für die erste doppelt so groß, wie für die zweite ist.

Zähigkeit verschiedener Körper, oder Zahl der Kilogrammes, welche ein Quadratmillimeter trägt:

Name der Substanzen.	Kilogrammes.	Mittlere Zähigkeit.	Namen der Beobachter.
Eisen in Dräthen unausgeglüht, № 1 — 23, (Franche-Comté)	50 — 87	68	Seguin d. Aeltere
Eisen in Dräthen unausgeglüht, № 4 — 19, (Ferriere, St. Gingolf)	50 — 84	67	Dufour
Eisen in Dräthen (Bourgogne)		60	Buffon
" " " (englisches)		64	Telford
" " " geglühtes ohngefähr	36 — 44	40	
Eisen in quadratischen oder rectangulären Barren	30 — 60	45	Seguin d. Aeltere
Dasselbe	32 — 56	43	Peronnet
Dasselbe		47	Soufflot u. Ronbelet
Dasselbe, englisch		46	Telford
Gegossenes Eisen		14	Brown
Horizontal gegossenes Eisen		13	G. Rennie
Vertical gegossenes Eisen		14	Derselbe
Barren von gemeinem englischen Stahl		28	Brown
Derselbe gegossen		44	Derselbe
Eisenblech in der Richtung der Plattung	36 — 45	41	Navier
Dasselbe perpendiculär auf diese Richtung	33 — 39	36	Derselbe
Messing in Dräthen, ungeglüht	40 — 80	60	Dufour
Dasselbe, geglüht	20 — 40	30	Derselbe
Rothkupfer, geplattetes		21	Navier
Blei, geplattetes		1,35	Derselbe
Glas, in Stangen oder Röhren	1,7 — 3,3	2,5	Derselbe

Man sieht an den Eisen- und Messingdräthen, daß das Ausglühen gewöhnlich die Zähigkeit, und zwar fast bis auf die Hälfte vermindert. Aus der vollständigen Tabelle von **Seguin** ersieht man auch, daß die Zähigkeit der Dräthe in dem Maße steigt, als ihre Durchmesser abneh-

men, wenn sie nur nicht zu fein werden; diese beiden Umstände stehen gewiß im Zusammenhang.

Biegt man einen Körper innerhalb der Grenzen seiner Elasticität, so nimmt er genau die vorige Gestalt an, sobald die wirkende Ursache nachläßt. Während der Biegung erleidet er zu gleicher Zeit eine Ausdehnung und eine Zusammenpressung, denn alle Fasern, oder alle Fädchen, welche man an der convexen Oberfläche zusammenfassen kann, werden augenscheinlich verlängert, während sie an der concaven Oberfläche verkürzt oder zusammengedrückt werden, und zwischen diesen beiden Lagen muß es nothwendig welche geben, die weder eine Verlängerung, noch eine Zusammenziehung erleiden. Dieß sieht man (Fig. 265.) an dem Cylinder AB, welcher an seinem Ende A eingezwängt, an seinem Ende B durch ein Gewicht ausgezogen wird. Die Fäden ab sind verlängert, die Fäden a′b′ verkürzt, und die Fäden, welche ihre Länge behalten, bilden eine bestimmte Oberfläche, wie pqrs. Also in Folge der doppelten Elasticität der Spannung und der Zusammendrückung begibt sich der Cylinder AB in seine ursprüngliche Lage, wenn man das Gewicht P wegnimmt. Dieß hier von einem Cylinder Gesagte läßt sich auf jeden prismatischen Körper ausdehnen, er mag nun eingezwängt, oder auf zwei Stützen gesetzt sein. Doch hat man über diesen Gegenstand bis jetzt entweder nur praktische Untersuchungen geführt, um den Zusammenhalt der Materien, aus denen die Körper construirt waren, kennen zu lernen, oder rein mathematische, für welche hier nicht der Ort ist. Es ist daher ein Gegenstand fernerer Forschungen der Physiker, es durch fortgesetzte Versuche dahin zu bringen, den Coefficienten für die Elasticität der Spannung und die Elasticität der Zusammendrückung zu bestimmen.

Um eine Idee von der Wirkung zu bekommen, welche die Flüssigkeiten auf die Wände der Gefäße ausüben, nehmen wir einen Ring ATBG (Fig. 266.), oder vielmehr einen biegsamen Faden, dessen sämmtliche Punkte von innen nach außen durch gleiche Kräfte CA, CT u. s. w. einen Druck erleiden. Ist er elastisch, so ist klar, daß alle die normalen Kräfte, welche ihn anfangs zu spannen, dann zu zerreißen suchen, sich in tangentiale, wie TF u. TF′ verwandeln, welche unmittelbar dahin arbeiten, den Körper zu trennen, wie das Ausziehen nach der Längenaxe eines Fadens ihn zu zerreißen strebt. In der Mechanik werden die Gesetze entwickelt, nach welchen die Umbildung der normalen Kräfte in tangentiale erfolgt, wobei man auf den Schluß kommt, der uns hier zum Anhaltepunkte dient: daß die Spannung T, welche längs der Tangenten TF, TF′ erfolgt, gleich ist dem normalen Druck P, der sich nach CA, CT u. s. w. richtet, multiplicirt mit dem Radius R des Ringes. Man erhält also die Gleichung $T = PR$.

Betrachten wir nun eine cylindrische horizontale Röhre, gefüllt mit einer Flüssigkeit, welche sich unter irgend einem Druck ergießt, so erfährt jeder von ihren perpendiculären Schnitten normale Drucke, wie der Ring, von dem wir eben sprachen, und daraus entsteht eine Spannung, oder eine Kraftäußerung, welche ihre Wände parallel der Axe

zu zerbrechen strebt. Man erhält also $T = PR$, wobei T die Spannung, P den Druck auf die Einheit der Oberfläche oder auf ein Quadratmillimeter, und R den Halbmesser der Röhre, gleichfalls in Millimetres ausgedrückt, bedeutet. Die Wände erleiden keinen Druck in der Längenrichtung, wenn wir annehmen, daß die Flüssigkeit sich frei durch die beiden Enden ergießt. — Sei E die Dicke des Rohrs in Millimetres, und T′ die Zähigkeit der Substanz für ein Quadratmillimetre, so erhält man T′E als die Anzahl Kilogrammes, welche ein Schnitt der Röhre, perpendiculär der Axe und ein Millimeter lang, tragen könnte, ohne zu brechen. Es mußte also nothwendig die Spannung T, welche sie erfährt, höchstens gleich sein T′E; dieß gibt $T = T'E$, und in Folge der vorhergehenden Gleichung $T'E = PR$; woraus $E = \frac{PR}{T'}$. Dieß die Dicke, die man einer Röhre geben müßte, um sie vor dem Zerplatzen zu bewahren. So steht also diese Dicke im geraden Verhältniß zu dem inneren Druck und dem Halbmesser, aber im umgekehrten zur Zähigkeit. Als Beispiel diene die Untersuchung, unter welchem Druck eine Bleiröhre von 5 Millimeter Dicke, und 25 Millimeter innerem Halbmesser zerreißen muß, wenn die Zähigkeit des Bleies, wie S. 501 gesehen, $1^k,35$ beträgt. Man findet es, wenn man in der Rechnung $P = 0^k,27$ ansetzt. Da nun aber eine Atmosphäre auf ein Quadratmillimeter einen Druck von $0^k,01$ ausübt, so ergibt sich daraus, daß die Röhre einen Druck von 27 Atmosphären aushalten könnte. In der That fand Jardine in Edinburg, daß eine Bleiröhre, die ohngefähr die vorhin angeführten Dimensionen hatte, ohne merkliche Veränderung den Druck von 800 Fuß Wasser, das ist von etwa 24 ½ Atmosphären aushielt, dagegen bei 1000 (engl.) Fuß, ohngefähr 30 Atmosphären, sprang. Wäre der Durchmesser der Röhre doppelt so groß gewesen, so hätte sie nur ohngefähr 15 Atmosphären aushalten können. — Bei den an beiden Enden geschlossenen Röhren, bringen die auf die Begrenzungsflächen ausgeübten Drucke ein Ausziehen in die Länge zu Wege, und man sieht leicht, daß diese Ausdehnung, auf die Einheit der Oberfläche übergetragen, $\frac{PR}{2}$ beträgt, oder nur die Hälfte der Kraft, welche die Röhre parallel der Axe zu zerplatzen strebt. Aus demselben Grunde beträgt die auf jede Einheit der Oberfläche in einem sphärischen Gefäß ausgeübte Spannung gleichfalls $\frac{PR}{2}$, und die Beziehung, welche zwischen dem Druck auf die Begrenzungsflächen P, der Dicke E, dem Halbmesser R und der Zähigkeit T′ stattfindet, wird ausgedrückt durch $E = \frac{PR}{2T'}$. Da die geringste Zähigkeit des Eisenblechs $36^k,4$ für ein Quadratmillimeter betrug, so begreift man, daß eine Kugel von 168 Millimeter im Durchmesser, verfertigt aus Eisenblech von 2,6 Dicke, platzen muß, sobald der Druck P $1^k,13$ d. i. ohngefähr 113 Atmosphären auf das Quadratmillimeter beträgt. Auch fand wirklich Navier, daß eine Kugel aus trefflichem Eisenblech

von den eben angeführten Dimensionen bei 140 Atmosphären platzte, wobei die Substanz ohne Zweifel eine etwas größere Dichtigkeit, als 36.4 besaß. Navier hat in seinem Werke „Résumé des leçons données à l'Ecole roy. des ponts et chaussées" eine auf sehr einfache aber sehr sinnreiche Beobachtungen gegründete vollständige Theorie über den Widerstand der Gefäße gegeben

Die Leichtigkeit, mit welcher die feinen Metalldrähte zusammengedreht werden können, und die Regelmäßigkeit, mit welcher sie zu sich selbst zurückkehren, um ihre frühere Stellung wieder einzunehmen, führte die Physiker zu mehren wichtigen Entdeckungen. Coulomb war der erste, der diese Erscheinung der verdienten Aufmerksamkeit würdigte, und auch davon die glücklichste Anwendung machte, indem er mittelst seiner Drehwage die Grundgesetze der electrischen und magnetischen Fluida bestimmte. Einige Jahre später gelangte Cavendish zu einem noch außerordentlicherem Resultate, indem er die Dichtigkeit und folglich das Gewicht der Erde mittelst der Drehung eines kleinen Silberfadens von einigen Decimetres Länge und einigen Hunderttheilmillimetres Durchmesser auffand. Ehe wir die Gesetze der Drehung berichten, wie sie Coulomb an der Seide, den Haaren und feinen Metallfäden beobachtete, geben wir eine Beschreibung des Apparates, dessen man sich bei diesen feinen Versuchen bedienen kann. Fig. 267. ist PP' Fuß des Apparates, welcher drei Rollschrauben führt, TT' eine verticale Röhre von sehr festem Messing, CC' der untere Läufer, der in C' in eine Scheibe ausgeht, die in Grade getheilt werden kann, oder auf welcher man eine Kreiseintheilung anbringt, SS' der obere Läufer, der in S' in eine Zange ausgeht, mittelst welcher man das Ende des Fadens befestigt; NN' die Zange, welche das Ende des Fadens festhält, und auf Cylinder von verschiedenem Gewicht oder von verschiedenen Halbmessern aufgeschraubt werden kann. Diese Cylinder können aus Metall bestehen, wenn man Versuche mit Metallfäden macht, aber für Seide und Haare ist es besser, sie sind von Holz oder Elfenbein. Hier nun die Grundgesetze, welche sich durch Versuche feststellen lassen: (Vergl. d. Art. Drehwage, Magnetismus, Elektrometer.)

1) Beschwert man einen Faden mit verschiedenen Gewichten, so verharrt er gemeiniglich in verschiedenen Stabilitätsstellungen. — Diese Verschiedenheit kann sich zuweilen bis auf einen halben, oder selbst bis auf einen ganzen Umkreis erstrecken. Um dieses Resultat zu erhalten, befestigt man an der untern Zange eine Art von kleiner Wagschaale, auf welche man nach und nach Gewichte legt, wobei man jedesmal die Stellung eines Punktes des Index zur Kreiseintheilung der Scheibe C' bemerkt, deren Centrum über der Verlängerung des Fadens ist. Eine Vereinigung von mehren Fäden zeigt dieselbe Erscheinung. Will man also z. B. eine Magnetnadel an einem Büschel glatter Seide aufhängen, so ist es wichtig, im Voraus die Stellung des Gleichgewichts dieses zusammengesetzten Fadens zu finden, indem man ein Gewicht daran hängt gleich dem der Magnetnadel, welche er tragen soll. Ein stärkeres oder geringeres Gewicht würde ihm eine Drehung geben, welche wahrscheinlich auf die Weite der täglichen Abweichungen einen merkli-

chen Einfluß äußern würde. — 2) **Die Schwingungen des Fadens sind gleichzeitig**, d. i. sie werden alle in einer u. derselben Zeit vollendet, wie groß auch ihre Weite sei, vorausgesetzt, daß diese Weite nicht eine gewisse von der Natur und Länge des Fadens abhängige Grenze überschreitet. Z. B. für einen Eisendraht von 9 Zoll Länge und von einem solchen Durchmesser, daß ein 6 Fuß langer Draht davon nur 5 Gran wiegt, sind die Schwingungen sehr merkbar gleichzeitig, wenn ihre Weite nicht die eines Halbumkreises überschreitet; wäre aber die ursprüngliche Entfernung gleich dreimal dem ganzen Umfang, so würden daraus Schwingungen von 6 Umfangsweiten entstehen, die ungefähr um $\frac{1}{20}$ oder $\frac{1}{30}$ langsamer wären, als die ersten. In allen Folgenden sprechen wir nur von sehr kleinen, d. i. gleichzeitigen Schwingungen. Um dieses Gesetz der Gleichzeitigkeit durch die Erfahrung zu bestätigen, bedient man sich des oben beschriebenen Apparats (Fig. 267.), man befestigt den Faden an die obere Zange, und beschwert ihn mit einem Gewicht von cylindrischer Form, stark genug, um ihn zu spannen, und zu schwach, um ihn auszuziehen, und wenn das Gleichgewicht gut hergestellt ist, so dreht man den Cylinder um 50, 100, selbst 180 Grad, mit der Vorsicht, ihn in seiner Axe zu erhalten, welche auch die Axe des Fadens ist; hierauf überläßt man diesen sich selbst; die Schwingungen beginnen, man zählt sie von einem bestimmten Moment an, mittels eines an dem Cylinder angebrachten Zeigers, und mißt die Zeit mittels einer guten Secundenuhr. Aus den Gesetzen der Mechanik erhellt, daß bei der Gleichzeitigkeit der Schwingungen nothwendig die Drehkraft, welche sie hervorbringt, proportional dem Drehungswinkel sein muß. Dieses Grundgesetz könnte man sich auch durch die bloße Erfahrung verdeutlichen. Man braucht nur die Beobachtung festzuhalten, daß die Kraft, mit welcher der Magnetismus der Erde eine Magnetnadel in den magnetischen Meridian zu lenken strebt, augenscheinlich dem Sinus des Winkels, den diese Nadel mit dem Meridian macht, oder dem Winkel selbst, wenn dieser nicht 8 — 10° überschreitet, proportional ist. Befände sich also eine horizontal ruhende und nach der Ebene des Meridians gut gerichtete Magnetnadel auf der Drehwage, so müßte man, um sie z. B. um 3 Grad abweichen zu machen, das obere Mikrometer um 47°, und für eine Abweichung von 6 Grad um 94° wenden. Im ersten Falle beträgt der Drehungswinkel 47 — 3 = 44, und im zweiten 94 — 6 = 88. Aber die zweite Drehkraft muß doppelt so groß, als die erste sein, weil sie einer magnetischen Kraft, deren Wirkung die doppelte, gleichkommt. Folglich ist die Drehkraft proportional dem Drehungswinkel. — 3) **Die Schwingungszeiten verhalten sich zu einander, wie die Quadratwurzeln der den Faden spannenden Gewichte.** Diese Wahrheit kann mit großer Genauigkeit nur an Fäden nachgewiesen werden, welche zugleich geschmeidig genug sind, um durch ein sehr kleines Gewicht gespannt zu werden, und zähe genug, um ein beträchtliches Gewicht zu tragen, ohne ausgezogen zu werden. Denn man kann dann, innerhalb dieser beiden Grenzen, Gewichte nehmen, die sich z. B. unter einander, wie die Zahlen 1, 4, 9, 16, 25 u. s.

w. verhalten, und durch Schwingungen analog den vorhergehenden erkennen, daß die Schwingungszeiten sich unter einander verhalten, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. Man braucht kaum noch hinzuzufügen, daß alle diese verschiedenen Gewichte im wesentlichen Cylinder von demselben Halbmesser sein, u. auch gleich gut polirte Oberflächen haben müssen. Man beweist durch die Grundgesetze der Mechanik, daß dieses dritte Gesetz nur stattfinden kann, wenn die Drehungskraft des Fadens bei den verschiedenen ihn spannenden Gewichten genau dieselbe bleibt. 4) Die Schwingungszeiten verhalten sich unter sich wie die Quadratwurzeln aus den Längen des Fadens, d. h. wenn man verschiedene Längen ein und desselben Fadens nimmt, diese nach einander dem Apparat (Fig. 267.) auf die Weise anpaßt, daß die zwischen beiden Zangen enthaltenen Längen sich zu einander verhalten, wie die Zahlen 1, 4, 9, 16, 25 u. s. w. und diese schwingen läßt, indem man sie mit ein u. demselben Gewicht beschwert, so werden sich die Schwingungszeiten zu einander verhalten, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. Da die Dauer der Schwingungen wächst mit der Länge des Fadens, so ist klar, daß die Drehkraft abnimmt, u. man beweist durch die Theorie, daß sie mit der Länge des Fadens im umgekehrten Verhältniß steht, denn diese Hypothese ist es einzig, welche das vorhergehende Experimentalgesetz zur Folge hat. Endlich kann man diese theoretische Wahrheit durch die Beobachtung rechtfertigen, daß, unter demselben Drehungswinkel die Entfernung der Bestandtheilchen (die Schwingungsweite) auf die Hälfte reducirt wird, bei doppelter Länge des Fadens, auf das Drittheil, bei dreifacher Länge u. s. w., und daß die Annahme, die Drehungskraft werde auf die Hälfte, das Drittheil u. s. w. reducirt, ganz einfach ist, weil sie nur beweist, daß die Drehkraft proportional ist der Entfernung der Bestandtheilchen, wie man dieß auch a priori voraussetzen könnte. 5) Die Schwingungszeiten stehen im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Durchmesser der Fäden, d. i., nimmt man nach und nach Fäden von derselben Substanz und derselben Länge, deren Durchmesser sich unter einander verhalten mögen, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, und läßt man sie, nachdem man sie mit ein und demselben Gewicht beschwert hat, schwingen, so werden die Schwingungszeiten im umgekehrten Verhältniß der Zahlen 1, 4, 9, 16 u. s. w. stehen. Man zieht daraus durch die Theorie den Schluß, daß die Drehkräfte sich zu einander verhalten, wie die 4ten Potenzen der Durchmesser der Fäden, denn die Drehkräfte stehen im umgekehrten Verhältniß der Quadrate der Schwingungszeiten. Nachdem die Erfahrungsgesetze über die Drehung festgestellt, und den theoretischen Gesetzen genähert sind, dürfte es vielleicht nicht unnütz erscheinen, wenn wir die folgende alle diese Resultate enthaltende Formel geben. Sie heißt $T^2 = \frac{\pi^2 \quad PR^2}{2 \quad gF}$, wobei π das genäherte Verhältniß des Umfangs zum Diameter, 3,141592, g die Schwerkraft zu Paris, oder $9^m,8088$, wenn man das Metre als Längeneinheit, und eine Sexagesima.secunde als Zeiteinheit annimmt, T Dauer einer Schwin-

gung in Secunden ausgedrückt, P das cylindrische Gewicht, welches den Faden spannt, R den Halbmesser des Cylinders, dessen Gewicht P ist, und der in Metres ausgedrückt werden muß, endlich F die Drehkraft des Fadens, d. h. die Kraftäußerung bedeutet, welche man am Ende eines Hebels von einem Meter Länge ausüben müßte, um ihn in einem Bogen gespannt zu erhalten, dessen rechtliniger Werth auch ein Metre betrüge, wobei man ihn für eine Peripherie, deren Radius ein Metre, berechnet. So wird also die Drehkraft durch ein Gewicht ausgedrückt, und in Grammen oder Kilogrammen gegeben, je nachdem man das Gewicht P mittels der einen oder der andern dieser Einheiten ausgedrückt hat. Diese Formel kann dazu dienen, den absoluten Werth der Drehkraft zu berechnen, und die verschiedenen Verhältnisse zwischen dieser Kraft und der Dauer der Schwingungen, ihrer Weite, dem Cylindergewicht, welches den Faden spannt, und seinem Halbmesser zu veranschaulichen. Z. B. bei einem Versuche von Coulomb mit einem Eisendrahte Nro. 12, wovon das Metre 159 Milligrammes wog, hatte man $T = 12'',1$; $P = 979,012$ Grammes; $R = 0,02143$ Metres. Die Länge des Drahtes betrug nur $0^{m},0203$. Man findet mittels dieser gegebenen Werthe, seine Drehkraft so beschaffen, daß man, um ihn um eine ganze Peripherie gedreht zu erhalten, auf das Ende des einen Arms eines Hebels von 1 Metre Länge, eine Kraft von $0^{gr},00968$, oder ungefähr ein Centigramme ausüben müßte. — Man erhält die vorhergehende Formel, indem man voraussetzt, daß die Drehkraft dem Drehungswinkel proportional ist, und da sie ausdrückt, daß die Dauer der Schwingungen von der Weite unabhängig ist, so schließt man daraus rückwärts, daß, da die Erfahrung die Gleichzeitigkeit der Schwingungen nachweist, die Drehkraft dem Drehungswinkel proportional sein muß. Für denselben Faden, gespannt durch die cylindrischen Gewichte P und P′, von demselben Halbmesser würde man haben $T^2 = \frac{\pi^2 PR^3}{2gF}$ u. $T'^2 = \frac{\pi^2 P'R^2}{2gF'}$ und weil die Erfahrung gibt $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{P}{P'}$ oder $\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{P}{P'}}$ so schließt man daraus $F = F'$, d. h. die Drehkräfte eines Fadens sind unabhängig von den Gewichten, welche ihn spannen.

Für ungleiche Längen desselben Fadens, gespannt durch dasselbe Gewicht hätte man $T^2 = \frac{\pi^2 PR^2}{2gF}$ und $T'^2 = \frac{\pi^2 PR^2}{2gF'}$ oder $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{F'}{F}$ und weil die Erfahrung gibt: $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{L}{L'}$ oder $\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{L}{L'}}$, wobei L und L′ die beiden verschiedenen Längen ein und desselben Fadens sind, so schließt man daraus: $\frac{F'}{F} = \frac{L}{L'}$, d. h. die Drehkräfte stehen im umgekehrten Verhältniß der Längen. Endlich, wären zwei Fäden von derselben Substanz und von verschiedenen Durch-

messern D und D′ durch ein und dasselbe Gewicht gespannt, so hätte man: $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{F'}{F}$, und da die Erfahrung gibt: $\frac{T}{T'} = \frac{D^2}{D'^2}$ oder $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{D^4}{D'^4}$ so schließt man daraus: $\frac{F'}{F} = \frac{D^4}{D'^4}$, d. h. die Drehungskräfte stehen im umgekehrten Verhältniß zu den 4ten Potenzen der Durchmesser. Noch kann man bemerken, daß, wenn ein und derselbe Faden nach einander durch zwei Gewichte gespannt würde, die übrigens gleich, nur von verschiedenen Halbmessern wären, sein würde $T^2 = \frac{\pi^2 P R^2}{2\ gF}$ $T'^2 = \frac{\pi^2 P R'^2}{2\ gF}$ woraus $\frac{T^2}{T'^2} = \frac{R^2}{R'^2}$ oder $\frac{T}{T'} = \frac{R}{R'}$, d. h. unter diesen Verhältnissen sind die Schwingungszeiten proportional den Halbmessern der Gewichte, welche die Fäden spannen.

Alle diese Gesetze beschränken sich ohne Zweifel auf die Fälle, wo die Fäden hinlänglich geringe Dimensionen haben, um die Möglichkeit der Bewegungen der Bestandtheilchen, welche die Elasticität der Drehung ausmachen, gleichmäßig in dem ganzen Umfang ihrer Masse zuzulassen. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so sind die Erscheinungen weit zusammengesetzter, und man kann dann nur die Versuche vervielfachen, um wenigstens zwischen ihnen einige wahrscheinliche Analogie herzustellen. Von diesem Standpunkte aus geben wir hier Tabellen der vorzüglichsten Resultate aus den Versuchen über diesen Gegenstand in England und Frankreich, zumal diese Tabellen mehre Zahlen enthalten, die für das practische Leben nützlich sein können.

Tabelle des Widerstandes, welchen geschmiedetes Eisen der Drehung entgegensetzt, nach Duleau.

Nähere Bezeichnung der Eisenarten.	Länge in Metres.	Dicke in Metres.	Drehungswinkel, hervorgebracht durch ein Gewicht von 10 K., welches auf das Ende eines Hebelarmes von 0^m,32 wirkt.
Rundes Eisen von Perigord	2,81	0,0142	13,4
Dasselbe................	3,17	0,0197	6,
Rundes engl. Eisen, bez..... Doveloís.....	2,40	0,0198	4
Rundeisen von Arriege.....	3,57	0,0215	4,8
Dasselbe................	2,89	0,0215	4,5
Rundeisen von Perigord....	3,19	0,0221	3,32
Dasselbe................	2,89	0,0230	3,
Englisches Rundeisen........	3,24	0,0235	2,34
Rundeisen von Perigord....	2,94	0,0265	1,82
Dasselbe................	3,35	0,0267	1,87
Dasselbe	2,92	0,0357	0,625
Rundeisen von Arriege.....	2,77	0,0268	1,65
Engl. Stabeisen, gez. o2	4,12	Seiten 0,0200	6,5

Nähere Bezeichnung der Eisenarten.	Länge in Metres.	Dicke in Metres.	Drehungswinkel, hervorgebracht durch ein Gewicht von 10 K., welches auf das Ende des Hebelarmes von $0^m,32$ wirkt.
Engl. Stabeisen, gez. 0,2	2,52	0,0200	4,
Stabeisen von Perigord....	2,52	0,0204	3,08
Desgleichen..............	3,39	0,0326	0,62
Englisches Tafeleisen........	2,91	{ 0,0340 0,0086	11,4
Desgleichen.............	1,55	{ 0,0340 0.0086	5,62
Tafeleisen von Perigord....	2,91	{ 0,0340 0,0105	7,2
Engl. Tafeleisen, gez. B.	1,45	{ 0 0678 0,0147	0,85

Tabelle des Widerstandes, welchen verschiedene Metalle dem Zerreißen durch Drehung entgegensetzen, nach Rennie.

Anzeige der der Drehung unterworfenen Körper.	Länge der Stücke		Im Quadrat		Gewicht, welches das Zerreißen hervorbrachte, mittelst eines Hebels von 2 engl. Fuß Länge.	
	in engl. Zoll.	in Metres.	in engl. Zoll.	in Metres.	in schwer. engl. Pf.	in Kilogr.
					Pf. Unz.	K.
Horizontal gegoss. Eisen...	0,	0	$\frac{1}{4}$	0,006	9,15	4,501
Vertical gegossenes Eisen....	0	0,	$\frac{1}{4}$	0,006	10,10	4,813
Horizontal gegoss. Eisen....	$\frac{1}{2}$	0,012	$\frac{1}{4}$	0,006	7,3	3,255
Desgleichen..............	$\frac{3}{4}$	0,025	$\frac{1}{4}$	0,006	8,1	3,652
Desgl....................	1	0,012	$\frac{1}{4}$	0,006	8,8	3,850
Vertical gegossenes Eisen....	$\frac{1}{2}$	0,018	$\frac{1}{4}$	0,006	10,1	4,567
Desgl...	$\frac{3}{4}$	0,025	$\frac{1}{4}$	0,006	8,9	3,386
Desgl....................	1	0,150	$\frac{1}{4}$	0,006	8,5	3,766
Desgl....................	6	0	$\frac{1}{4}$	0.006	9,12	4,416
Horizontal gegoss. Eisen....	0	0	$\frac{1}{2}$	0,012	93,12	42,183
Desgl....................	0	0,254	$\frac{1}{2}$	0.012	74,00	33,522
Desgl....................	10	0	$\frac{1}{2}$	0,012	52,00	23,556
Stahl	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	17,1	7,727
Schmiedeeisen von England..	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	10,2	4,584
Schmiedeeisen von Schweden	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	9,8	4.303
Hartes Kanonenmetall........	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	5,0	2,255
Feine Bronze........	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	4,11	2,123
Gegossenes Kupfer........ ...	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	4,5	1,953
Zinn	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	1,7	0,650
Blei	0	0	$\frac{1}{4}$	0,006	1,0	0,453

Die Enden jedes Stücks waren in viereckigen sehr genau schließenden Mutterschrauben befestigt. Die Länge jedes Stücks ist der Inbegriff der Länge zwisch. den Schrauben.

Tabelle des Widerstandes, welchen das Rundeisen dem Zerreißen entgegensetzt, nach Dunlop.

Länge der Stücke		Durchmesser		Gewicht, welches das Zerreißen herbeiführt, bei einer Länge des Hebelarmes, von 14 F., 2 Zoll engl.	Gewicht, welches das Zerreißen bewirkt, indem man die Unterlage des Hebels um ein Metre fortrückt	
englische Zoll.	französische Zoll.	englische Zoll.	französ. Zoll.		in schwer. engl. Pfd.	in Kilogrammes.
2,750	0,0698	2,	0,0508	250	1097,4	497,12
3,250	0,0825	2,25	0,0571	384	1685,7	763,61
3,	0,0762	2 50	0,0635	408	1791,2	811,36
3,	0,0762	2,75	0,0698	700	3073,0	1391,5
4,	0,1016	3,25	0,0825	1170	5136,3	2326,7
5,	0,1270	3,50	0,0889	1240	5443,6	2466,0
5,	0,1270	3,75	0,0952	1662	7296,1	3305,1
5,	0,1270	4,	0,1016	1938	8200,0	3707,7
6,	0,1524	4,25	0,1079	2158	9473,5	4291,5

Spannungsreihe, galvanische, der Metalle, heißt die Ordnung, in welcher sich die Metalle vom positivsten bis zum negativsten folgen.*) Eine solche Reihenfolge muß, wenn wir sie im Allgemeinen mit a, b, c, d . . . . x, y, z bezeichnen, von der Art sein, daß bei jeder Combination zweier Metalle, ein um so größerer elektrischer Gegensatz stattfinden muß, je weiter die Metalle in der Reihe von einander abstehen, (also daß der elektrische Gegensatz von a und z größer als der von a und x, dieser größer als der von a und d, jede Combination von a mit irgend einem andern Metalle, größer als die von a mit b sein muß u. s. w.), und daß jedes Metall gegen jedes folgende positiv, dieses negativ werden muß, gegen jedes vorhergehende negativ, dieses positiv (also z. B. a gegen alle übrigen positiv, d gegen e, f, g, h . . . x, y, z positiv, gegen a, b, c negativ, u. s. w.). Man hat verschiedene Mittel angewendet, eine solche Reihenfolge der Metalle zu entdecken. Es ist jedoch in Bezug auf alle zu bemerken, daß bei ihnen nicht hinreichend Rücksicht auf den chemischen Einfluß genommen worden ist, welchen die feuchten Leiter bei ihrer Zwischenleitung auf die Metalle ausüben. Im Art. Galvanismus sind Erscheinungen angegeben, welche einen Einfluß auf das elektromotorische Verhältniß der Metalle darthun, und es kann beispielsweise in dieser Beziehung die Erinnerung an das Phänomen dienen, daß sogar dasselbe Metall mit sich in elektrischen Gegensatz tritt, wenn eine ungleichzeitige Eintauchung in dieselbe leitende Flüssigkeit erfolgt. (S. d. Art. Galvanismus S. 612.) Um eine Spannungsreihe der Metalle ohne

*) Vergl. d. Art. Galvanismus S. 487.

den die Resultate zweifelhaft machenden Einfluß der leitenden Flüssigkeit zu erhalten, müßte man so verfahren, daß von zwei Metallen, welche sich mit geglätteten Oberflächen berühren, das eine isolirt abgehoben, seine durch die Berührung erlangte Elektricität an den Condensator übertragen, und nach einigemal wiederholter Operation die Elektricität geprüft wird, die der Condensator durch die wiederholte Uebertragung angenommen hat. Man kann sich bei diesem Verfahren eines Condensators aus demselben Metalle zur Prüfung aller Metalle bedienen, wofern man nur die Metalle selbst sich mit hinlänglich großen und glatten Oberflächen berühren läßt, bei der Uebertragung aber den Condensator jedesmal nur in Einem Punkte berührt. Dieß Mittel steht indeß andern an Empfindlichkeit nach, und wir besitzen keine nach demselben angestellte ausgedehnte Versuchsreihe. Eine gewöhnliche Anwendungsart des Condensators zur Herstellung einer galvanischen Spannungsreihe ist die, daß man ein Metall einerseits in directe Berührung mit dem Metalle des Condensators, anderseits in Gemeinschaft mit dem Erdboden durch den Finger oder einen andern feuchten Leiter setzt, wo man das elektrische Verhältniß, welches zwischen dem angewandten Metall und dem Metall des Condensators stattfindet, erfährt. Will man nach diesem Verfahren das elektrische Verhältniß eines Metalls auch gegen andere Metalle, als das des Condensators prüfen, so ist man genöthigt, das eine der sich berührenden Metalle, dessen Elektricität am Condensator entdeckt wird, durch einen feuchten Leiter vom letztern zu trennen, während das andere durch einen eben solchen Leiter mit dem Boden in Verbindung steht, oder man muß, wie von Pfaff geschehen, aus der verhältnißmäßigen Stärke der Wirkungen, die verschiedene Metalle, nach einander am Metalle des Condensators geprüft, zeigen, auf ihre elektrische Reihenfolge schließen.*) Aehnliche Unsicherheit findet nun auch

*) Fechner bemerkt in Bezug auf diese Versuche: Wie man auch verfahren mag, wenn der feuchte Leiter, durch den das eine Metall mit dem Boden in Verbindung steht, eine merkliche verändernde Wirkung auf diese zu äußern vermag, so wird man nicht mehr die elektromotorische Wirkung des unveränderten Metalles erhalten. Ich habe mich hiervon speciell überzeugt, indem ich Eisen, welches am messingenen Condensator angebracht ward, successiv durch gemeines Wasser, durch rauchende Salpetersäure und durch salpetersaure Silberauflösung mit dem Boden in Verbindung setzte; im ersten Falle erhält der Condensator negat. Elektricität, wie in der That dem Verhältniß das Messing zum unveränderten Eisen entspricht, in den beiden andern aber posit. Elektricität. Eben so habe ich mich überzeugt, daß Kupfer, wenn man es durch concentrirte Schwefelleberlösung mit dem Boden in Verbindung setzt, gegen Eisen positiv zu sein scheint. Man kann die bei derartigen Versuchen eintretende Zweideutigkeit sehr vermeiden und so zu sagen unmerklich machen, wenn man stets solche Zwischenflüssigkeiten anwendet, welche kaum in Betracht kommende schnelle Einwirkung auf das Metall äußern, und wenn man im Falle ja vorkommender Umkehrungen, die Erstwirkung als die wahre annimmt.

bei andern Versuchsweisen statt. Stehen die Metalle nur in schwachem elektromotorischen Gegensatze, und gibt deßhalb eine einzelne Combination am Condensator nur schwache Wirkung, so kann man die Wirkung durch Schichtung der Metalle zu einer Säule verstärken; welches Mittels sich Ritter häufig bedient hat. Auch der Froschschenkel kann man sich zur Prüfung der Metalle bedienen. Wenn man nämlich an zwei präparirten Froschschenkeln (s. d. Art. Galvanismus), die durch ihre Muskeln in Berührung stehen, den Nerven des einen mit einem, den Nerven des andern mit einem andern Metalle verbindet, und den Kreis schließt (indem beide Metalle verbunden werden), so wird die Zuckung in der Regel allein oder doch am stärksten an dem Schenkel erfolgen, dessen Nerv mit dem positiven Metalle armirt ist, die Zuckung bei der Trennung dagegen, wo sie beobachtet wird, am anderen. Indeß fand Ritter später selbst, daß „nur bei einem gewissen mittleren Verhältniß der Reizbarkeit" des Froschpräparats zur Intensität der elektromotorischen Wirkung der geprüften Metalle der angegebene Erfolg sicher erhalten werde. Sehr erhöhte Reizbarkeit des Präparats oder sehr starke Intensität der elektr. Wirkung könne dagegen den Erfolg grade umkehren, so daß die Schließungszuckung vielmehr an negativ armirten Nerven stattfinde. Das empfindlichste Werkzeug zu diesen wie zu allen Untersuchungen über die Natur eines elektr. Stromes ist der Multiplicator, dessen Anwendungsart als bekannt, vorauszusetzen.*)

Fechner hat folgende Tabelle der Resultate, welche die verschiedenen Beobachter nach den verschiedenen von ihm angewendeten Methoden gefunden, zusammengestellt.

---

*) Vergleiche die Artikel Multiplicator und Galvanismus. Fechner erinnert, daß bei Anwendung des Multiplicators, wie zum Theil auch bei den übrigen Verfahrungsarten gewisse Vorsichtsmaßregeln zu beobachten sind. Nämlich 1) ist darauf zu sehen, daß die Metalle, welche geprüft werden sollen, gleiche Temperatur haben. 2) Muß ihre mit der Flüssigkeit in Berührung gewesenen Oberfläche stets durch Abfeilen oder Abreiben, oder sonst mechanische Mittel vor jeder neuen Prüfung erneuert werden; da vorhergegangene Prüfungen die Beschaffenheit ihrer Oberfläche schon geändert haben können. 3) Es ist, wenigstens bei den unedlen Metallen, darauf zu sehen, daß die Metalle gleichzeitig in Berührung mit der Leitungsflüssigkeit kommen, weil ungleichzeitiges Eintauchen selbst bei demselben Metalle elektr. Gegensatz bewirkt.

Prüfung durch den G Multiplicator.

Volta.	Pfaff.	Davy. Mit gewöhnlichen Säuren.	Avogrado und Michelotti. Mit verdünnter Salpetersäure *).	de la Rive. Mit verdünnter Salpetersäure.
Zink.	Zink.	lium und seine	Zink.	Zink.
Blei.	Blei.	Amalgame,	Blei.	Zinn.
Zinn.	Kadmium.	trium und seine	Zinn.	Quecksilber.
Eisen.	Zinn.	Amalgame.	Eisen.	Blei.
Kupfer.	Eisen.	lkamalgam.	Wismuth.	Eisen.
Silber.	Wismuth.	nf.	Kupfer.	Oxyd. Eisen.
Reißblei, mehre Arten von Kohle und schwarzer kryst. Braunstein.	Kobalt.	moniumamalgam?	Nickel.	Kupfer.
	Arsenik.	dmium.	Kobalt.	Silber.
	Kupfer.	in.	Antimon.	—
	Antimon.	en.	Arsenik.	Mit conc. Salpetersäure.
	Platin.	ismuth.	Quecksilber.	Zinn.
	Gold.	timon?	Silber.	Zink.
	Quecksilber.	ei.	Gold.	Eisen.
	Silber.	pfer.	Platin.	Kupfer.
	Kohle.	ber.	—	Blei.
	Glaserz.	lladium.	*) Bloß bei Silber und Gold ward conc. Salpetersäure, bei Gold und Platin Königswass. angewandt.	Quecksilber.
	Schwefelkies.	tur.		Silber.
	Kupferglanzerz.	ld.		Oxyd. Eisen.
	Kupferkies.	hle.		
	Bleiglanz.	atin.		
	Zinngraupen.	dium.		
	Kupfernickel.	odium.		
	Arsenikkies.	—		
	Schwefelmolybdä (Wasserblei).	Mit Alkalilösungen.		
	Uranoxydul.	Alkalimetalle u.		
	Cornisches Zinn (Pecherz).	re Amalgame.		
	Titanoxyd (sog Oisanit).	k.		
	Graphit.	n.		
	Derber Wolfra (eisenhaltiges Scheeloxydul).	i.		
		pfer.		
		en.		
	Schrifterz (Legiru von Gold, Sil und Tellur).	ber.		
		lladium.		
		ld.		
	Kryst. Graubrau steinerz.	tin u. s. w.		
		—		
		it Schwefelleberlösungen.		
		k.		
		n.		
		pfer.		
		en.		
		smuth.		
		ber.		
		atin.		
		lladium.		
		ld.		
		hle.		

a) Marianini hat nicht bestimmt a seinem Werke daß er in der Regel Regenwasser, welches in 100 Theilen 1 Theil Schwefelsäure und 1 Th Augenblicke der Benetzung mit der Leitungsflüssigkeit und Prüfung in der stärksten Glut erhalten. — , welches 60 Jahre lang in einer Cloake versenkt gewesen. — *) Langsam bis zur Temperatur der Luft

Noch ist eine Beobachtungsreihe von Walcker anzuführen, welche mehre Nichtleiter enthält. Die Verfahrungsart, deren sich Walcker bediente, war folgende: Auf die mit dem einen Enddrahte des Multiplicators verbundene Platin- oder Zinkplatte legte er ein Stück Fließpapier, befeuchtete es mit der leitenden Flüssigkeit, streute den andern Erreger als Pulver (etwa in einer Oberfläche von ¼ Quad.-Zoll) darauf, befeuchtete ihn mit derselben Flüssigkeit, drückte ihn dann mittelst einer dicken in ihrer Mitte mit einem Loch versehene Glasplatte gegen die Unterlage, und berührte ihn durch das Loch mit einem Draht von demselben Metalle, welches die Unterlage bildete. Waren die Körper lose Pulver, so wurde ein Stückchen Badeschwamm zwischen eine Platinpincette gespannt, diesen ließ man mit der Leitungsflüssigkeit sich vollsaugen und das zu prüfende Pulver sich daran anhängen, worauf der Schwamm in einen mit der Flüssigkeit gefüllten Platinlöffel getaucht ward. Mitunter erschien es vortheilhaft, den einen Draht mit einer Lage der zu prüfenden Verbindungen zu überziehen und beide, den überzogenen und den nicht überzogenen Draht in eine leitende Flüssigkeit, die nicht lösend auf den Ueberzug wirken konnte, einzutauchen.

Negativ.	Positiv.	Leitende Flüssigkeit.
Platin	Kyan-Eisen	Wasser p. *)
	(feines Berlinerblau)	Verd. Schwefelsäure f. **)
		Salzs. Eisen.
	Eisenoxydo-oxydul (getrockn.)	Salzs. Kali.
		Verd. Schwefels. p.
	Kupferoxyd	Wasser p.
		Verd. Schwefels. p.
Zink	Kyan-Eisen	Wasser.
Platin	Graphit	Verd. Schwefels.
Chlorsilber	Zink	Kochsalz p.
	Platin	Verd. Schwefels. p.
Kyansilber	Platin	Verd. Schwefels. p.
	Silber	Verd. Schwefels. p.
	Zink	Glaubersalzlösung p.
Bleioxyd	Blei	Kochsalz.
	Zink	— —
Bleisuperoxyd	Zink	— —
	Blei	— —
Chlorblei	Blei f.	— —
	Zink f.	— —
Jodblei	Platin	— —
	Blei	— —
	Zink	— —
Schwefelblei	Blei p.	— —
(künstliches)	Zink	— —
Eisenperoxyd	Blei p.	— —
frisch gefällt	Silber	— —
Eisenoxydo-oxydul	Platin p.	Aetzammoniak.
getrocknet	Kyan-Eisen p.	Wasser.

*) p. bedeutet, daß sehr geringe, **) f., daß sehr starke elektrische Strömung stattfand.

Negativ.	Positiv.	Leitende Flüssigkeit.
Kyan-Eisen	Platin f.	Eisenblaus. Kali.
	Eisenblaus. Kali	Wasser.
		Alkohol p.
Graphit	Zink f.	Verd. Schwefels.
		Wasser.
Kupferoxyd	Zink	Wasser.
	Kupfer p.	Glaubersalzlösung mit Alkohol verd. Schwefels.
	Platin f.	Ammoniack.
	Kohlens. Ammoniack	Wasser.
Weinsteinsäure	Kupferoxyd	Wasser.
Eisenvitriol (calcinirt)	Kyaneisen f.	Wasser.
Schwefels. Kupfer	Kupfer	Glaubersalzlösung mit Alkohol verd. Schwefels.

Fechner bemerkt, daß zu den Abweichungen in den Resultaten der verschiedenen Beobachter nicht allein die Anwendung verschiedener Leitungsflüssigkeiten, sondern namentlich auch die verschiedene Reinheit der angewendeten Metalle beigetragen haben möge. Denn so wie gewisse Metalle das Eigenthümliche haben, selbst wenn sie in sehr geringem Grade andern beigemischt sind, ihre Härte, Sprödigkeit, ihren Magnetismus u. s. w. in sehr auffallendem Grade zu ändern, so finde etwas Aehnliches auch in Bezug auf die elektromotorischen Eigenschaften statt. Aus der Gesammtheit aller Beobachtungen scheint sich nach Fechner folgende Reihe als die wahrscheinlichste zu ergeben: Kalium, Baryum, Zink, Kadmium, Blei, Zinn, Eisen, Nickel, Kupfer (Wismuth, Antimon), Arsenik, Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Iridium, Rhodium.*)

*) „Mit Fleiß," sagt Fechner, „sind in dieser Reihe mehre Metalle weggelassen, über deren Stelle noch zu viel Ungewißheit herrscht. Bevor wir zur Rechtfertigung dieser Reihe in einiges Detail über die einzelnen Metalle gehen, wollen wir noch auf den Umstand aufmerksam machen, daß, welche Beobachtungsreihe man auch zu Grunde legen mag, doch nach jeder die elektrische Reihenfolge der Metalle wenigstens ungefähr mit der Reihenfolge der Leichtigkeit übereinstimmt, nach der sich die Metalle oxydiren, so daß zwischen beiden Umständen ein Wechselbezug statt zu finden scheint. — Das Mangan, welches nach Poggendorf zwischen Kadmium u. Zinn, nach Marianini tiefer, zwischen Zinn und Blei, steht, habe ich aus der Reihe weggelassen, theils weil ich bezweifle, ob es anders als in einem oxydulirten Zustande hat geprüft werden können, theils, weil es überhaupt noch fraglich ist, ob man das Mangan nach den bisher bekannten Verfahrungsarten rein von negativeren Körpern hat darstellen können. Nach dem chemischen Verhalten des Mangans muß man vermuthen, daß es noch über dem Zink steht. — Das Blei steht nach allen Beobachtern über Eisen u. selbst über Zinn; leicht tritt jedoch, wenn man sich nicht reinen Wassers bedient, eine Umkehrung ein, so daß das Eisen positiv gegen Blei er-

Es gibt eine große Anzahl von Umständen, namentlich in Bezug auf die mechanische Anordnung der Bestandtheile, welche auf das elektromotorische Verhältniß der Metalle von Einfluß sind. Einzelne Beobachtungen geben Beispiele dieses Einflusses. So fand Davy, daß ein Stück spröden Kupfers, in dem er keine Spur von Unreinigkeit entdeckte (welche indeß doch wohl stattfinden mochte) negativ gegen weiches Kupfer, daß gehämmertes Kupfer negativ gegen gewalztes war. Fechner konnte bei ähnlichen Versuchen keine bestimmten Resul-

scheint, selbst wenn man sich Brunnenwassers bedient, dagegen in wirklich reinem Wasser das Blei sich bleibend positiv gegen Eisen verhält. Mindestens sind dieß Wetzlars Erfahrungen. — Das Nickel steht nach Marianini und Michelotti unter Kupfer, nach Poggendorff sogar unter Silber; dessen ungeachtet habe ich keinen Anstand genommen, es über Kupfer zu setzen; denn wahrscheinlich war das von jenen Beobachtern angewandte Nickel mit Hilfe von Kohle reducirt, wo immer eine gewisse Quantität Kohle an das Nickel tritt, die dazu wirken kann, seine Stelle herabzurücken. Ich selbst habe das von Richter ohne Zusatz von Kohle reducirte Stäbchen Nickel, von welchem in Gilb. Ann. XVII. 487. die Rede ist, zu prüfen Gelegenheit gehabt, und es zwischen Messing und Kupfer stehend gefunden. — Antimon und Wismuth stehen unstreitig sehr nahe bei einander und beim Kupfer; allein die Angaben der einzelnen Beobachter über ihr genaues Verhältniß zu einander widersprechen sich so sehr, daß es bis jetzt noch nicht möglich ist, dieses als fest bestimmt anzusehen; so z. B. setzt Pouillet das reine Antimon über Wismuth und Kupfer; Poggendorff dagegen reines Antimon unter beide. Kaum mindere Widersprüche finden über das Verhältniß des Quecksilbers zu Silber statt; was auch nicht sehr zu verwundern ist, da ersteres so schwer vollkommen rein darzustellen, und da schon sehr geringe Beimischungen seine Stelle in der Reihenfolge bedeutend ändern können. Nach Pfaff, Ritter, Pouillet u. Avogrado steht es über Silber; nach Poggendorff u. Marianini unter demselben. Volta setzt es einmal zwischen Silber u. Graphit, ein anderes Mal zwischen Platin und Gold, dann zwischen Zinn u. Eisen, und zuletzt wieder zwischen Kupfer und Silber. Letzteres habe ich angenommen, da es dem chemischen Verhalten der Metalle am besten zu entsprechen scheint, da die meisten Beobachter darin übereinstimmen, da Ritter ausdrücklich erwähnt, daß er sich eines aus Zinnober destillirten Quecksilbers bedient habe, und da von der Sorgfalt der anderen Beobachter ebenfalls vorauszusetzen ist, daß aller Bedacht auf die Reinheit desselben genommen worden ist. Dessenungeachtet möchten noch Zweifel über diesen Punkt erlaubt sein; denn auch Marianini u. Poggendorff bedienten sich gereinigten Quecksilbers und es scheint überdieß dieses Metall leichter durch fremdartige Beimischungen in der Reihenfolge herauf- als herabgedrückt werden zu können. — Wo die Stelle des reinen Kohlenstoffs in der galv. Spannungsreihe sei, läßt sich vor der Hand nicht mit Zuverlässigkeit angeben, doch möchte er seinen Verbindungen nach zu schließen, zu den negativsten Körpern gehören. Die gewöhnliche Kohle, welche

tate erhalten. Walcker machte die Beobachtung, daß Kupferfeile, welche er mit einer Kupferplatte und einer Lage mit Lösungen von Glaubersalz und Kochsalz mäßig angefeuchteten Druckpapiers zur Kette schichtete, positiv gegen das ungetheilte Kupfer war. Wurde aber das Papier mit Ammoniak oder verdünnter Schwefelsäure benetzt, so war dasselbe negativ. Wurde das Papier schwach mit Salmiaklösung befeuchtet, so war die Kupferfeile positiv, würde aber negativ wenn mehr Salmiaklösung auf das Papier gegossen wurde, als es einzusaugen vermochte. Gefeiltes Zinn gegen eine Zinnplatte zeigte ein ähnliches Verhalten. Derselbe Physiker fand Platinschwamm gegen verarbeitetes Platin stets negativ. — Seebeck machte die Bemerkung, daß jedes Metall, wenn es bis zu einem gewissen Grade erhitzt würde, negativ wird in Berührung mit einem zweiten Metalle, welches kalt ist, und daß dieses dann immer positiv wird, es mag nun in der Spannungsreihe über oder unter jenem Metalle stehen. Bei gleichmäßiger Erwärmung beider Metalle findet keine Abweichung von dem in der galv. Spannungsreihe angegebenen elektromotorischen Verhältniß statt. — Was den Einfluß chemischer Beimischungen be-

---

freilich außer fixen fremdartigen Beimischungen auch stets absorbirte Gasarten enthält, wechselt, wie aus Marianini's Versuchen hervorgeht, gar sehr ihre Stelle, je nachdem sie kürzere oder längere Zeit an der Luft gelegen hat, indem sie um so tiefer hinabrückt, je länger sie der Luft ausgesetzt war. Nicht gehörig ausgeglühte Kohle ist Nichtleiter und zu diesen Versuchen überhaupt untauglich. Kastner gibt ein Verfahren an, mittels dessen sich Kohle von vorzüglicher Wirksamkeit zu galv. Versuchen erhalten läßt. Man hält zu diesem Zweck Stäbchen von Lindenholz unter geschmolzenes und bis zum Sieden erhitztes Blei mittels eines eisernen Hakens so lange, bis keine Spur von Holzrauch und entzündlichem Gase mehr entweicht, wickelt sie dann herausgenommen in Blattplatin und erhält die Rolle über der Alkoholflamme eine halbe Stunde hellroth glühend. — Das bisherige betraf nur die Folge, in der sich die Metalle vom positivsten zum negativsten succediren; man kann aber auch wünschen zu wissen, ob der Abstand zweier Metalle in der Reihe größer oder kleiner ist, als der zweier anderen, (d. h. ob die Intensität der Elektr., welche die Metalle A und B bei der Combination anzunehmen vermögen, gleich der Intensität der Elektr. ist, welche B und C bei der Combination entwickeln), und überhaupt ein vergleichendes Maß dieses Abstandes zu erhalten. Für ersteren Zweck bietet sich ein leichtes Mittel dar. Gesetzt wir wollten wissen, ob der Abstand zwischen Blei und Kupfer größer als der zwischen Kupfer und Platin sei, so werden wir ein Plattenpaar aus Blei und Kupfer und ein anderes aus Kupfer und Platin so combiniren, daß sie, wenn die Kette desselben durch den Multiplicatordraht geschlossen wird, Ströme nach entgegengesetzten Richtungen hervorzubringen streben. Man wird dann an dem Ausschlag des Multiplicator erkennen, welches Plattenpaar das Uebergewicht habe."

trifft, so hat sich als allgemeines Resultat ergeben, daß ein elektropositiver Körper, je mehr er sich mit einem ihm an Negativität vorangehenden Körper verbindet, um so weiter in der galv. Spannungsreihe herabrückt. Dieß gilt wenigstens für die Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Jod, Chlor und Kohle. Eine merkwürdige Ausnahme von diesem Gesetze machen die Amalgame (Verbindungen der Metalle mit Quecksilber) und mehre andere Legirungen. Man findet nämlich im Allgemeinen, daß nicht nur die Amalgame solcher Metalle, welche negativer als Quecksilber sind, gegen das reine Metall sich positiv verhalten, so daß das Goldamalgam positiv gegen reines Gold, sondern auch, daß Zink-, Zinn-, Bleiamalgam u. s. w. sich positiv gegen Zink, Zinn, Blei u. s. w. verhalten. Aehnliche Anomalien kommen auch bei den Legirungen anderer Metalle unter einander vor. Der angegebenen allgemeinen Regel ist die zweite analog, daß Verbindung mit einem positiveren Körper die Positivität erhöht. Es gehört zu den bekanntesten Thatsachen, daß oxydirtes Metall stets negativer als blankes Metall ist. In welchem Grade die Negativität durch den Sauerstoff erhöht werde, davon gibt das Graubraunsteinerz ein Beispiel. Dasselbe ist eine Verbindung von Mangan mit sehr viel Sauerstoff und nimmt die tiefste Stelle in der elektrischen Reihenfolge ein, während das reine Mangan eine der obersten Stellen behauptet. Die oben angegebene Tabelle zeigt, daß auch alle Verbindungen der Metalle mit Schwefel, Kohle und Phosphor tiefer stehen, als die entsprechenden reinen Metalle. Aus den Beobachtungen von Pouillet sieht man in Bezug auf die Legirungen mit anderen Metallen, daß die Schriftgießermischung (eine Verbindung von 1 Th. Antimon u. 4 Th. Blei), das Messing und die Legirung aus 2 Th. Eisen und 1 Th. Antimon in der Reihenfolge zwischen die Metalle fallen, aus welchen sie zusammengesetzt sind. Doch scheint das Messing bei gewissen Verhältnissen seiner Mischung auch unter die beiden Metalle zu fallen, aus denen es besteht. Eine große Anzahl von Legirungen fallen aber theils über, theils unter ihre Bestandtheile. Jenes ist der Fall bei dem Arcetschen Metallgemisch (aus zwei Th. Blei, 3 Th. Zinn, 2 Th. Wismuth), dem Schnellloth (aus 1 Th. Zinn, 2 Th. Blei), der Legirung aus 1 Th. Wismuth und 20 Th. Zinn, den Amalgamen von Quecksilber mit Zink, Zinn, Blei und Wismuth; dieses bei dem Glokkenmetall (aus 22 Th. Zinn, 78 Th. Kupfer) und der Bronze (aus 11 Th. Zinn, 100 Th. Kupfer). Pfaff fand, daß bis zu $\frac{1}{3}$ mit Zinn oder Blei legirtes Zink in seiner elektromotorischen Kraft nicht auf merkliche Weise geschwächt wurde. Brugnatelli fand, daß Legirungen aus Zink und Antimon und Zink und Quecksilber gegen Silber stärker als irgend ein anderes Metall wirken. Volta bemerkt, daß die Wirkung des Silbers gegen Kupfer und eben so die des Zinks durch etwas Zinn oder Zinn und Blei zugleich in gewissen Graden erhöht werde. Davy sagt, daß die Schiffsnägel, eine Legirung aus Kupfer und Zinn, gegen Kupfer sich schwach negativ, und daß Zink- u. Zinnamalgam gegen die reinen Metalle sich positiv verhalten. Im Allgemeinen soll nach demselben ein negatives Metall durch eine Legirung

mit einer kleinen Menge eines oxydirbaren (positiven) meist in seine Negative noch mehr herabgesetzt werden, wenn die Legirung dadurch an Härte zunimmt; sonst reiche schon der Zusatz einer kleinen Quantität positiven Metalls hin, die Legirung positiv zu machen. Ritter hat ausführlichere Versuche über die Versetzungen in der galvan. Spannungsreihe angestellt, welche besonders Quecksilber, Zinn u. Zink durch Legirung mit anderen positiven Metallen erfahren. Er fand, daß die Amalgame von Zink, Zinn und Blei in verschiedenen Verhältnissen in folgender Reihenfolge unter einander und gegen Zink vom positivsten zum negativsten standen: 1) 1 Theil Zinn, 1 Th. Blei, 2 Th. Quecksilber; 2) 1 Th. Zinn, 1 Th. Blei, 1 Th. Zink, 3 Th. Quecksilber; 3) 1 Th. Zink, 1 Th. Blei, 2 Th. Quecksilber; 4) 1 Th. Zinn, 1 Th. Zink, 2 Th. Quecksilber (das Kienmayersche Amalgam); 5) 2 Th. Zink, 1 Th. Quecksilber; 6) 1 Th. Zink, 1 Th. Quecksilber. Diese Amalgame fielen mithin sämmtlich über Zink. Die vier ersten fielen so nahe zusammen, daß ihre Reihenfolge nicht mit völliger Gewißheit bestimmt werden konnte. Derselbe Physiker fand, daß die nachstehenden Legirungen von Quecksilber mit Stanniol (das Quecksilber war den Tag zuvor aus Zinnober mit Eisen hergestellt worden) sämmtlich zwischen Zink und Blei fielen. Er fand folgende Reihe: 1) Zink; 2) teigartiges Amalgam; 3) $\frac{1}{2}$ Loth Quecksilber mit $\frac{1}{2}$ Quadratlinie Stanniol; 4) eben noch tropfendes Amalgam; 5) 1 Th. Quecksilber, 16 Th. Stanniol; 6) sehr bröckelndes Amalgam; 7) Blei. Legirungen reinen Quecksilbers mit Blattsilber standen im folgenden Verhältnisse: 1) 24 Blätter Silber, $1\frac{1}{2}$ Drachmen Quecksilbers war positiv gegen Quecksilber und Silber, zwischen Wismuth und Kupfer; 2) Eine Quadratlinie Blattsilber mit $1\frac{1}{2}$ Drachmen Quecksilber war positiv geg. Quecksilber und Silber, negativ gegen Gold und Platin. 3) Eine Quadratlinie Blattsilber mit $1\frac{1}{2}$ Drachmen Quecksilber legirt war gegen Quecks. u. Silber posit., geg. Gold u. Platin negat. Deßgleichen fand Ritter für Verbindungen von reinem Quecksilber mit feinem Blattgold folg. Reihe: 1) Ein Blatt Gold mit 1 Drachme Quecksilber fiel zwischen Kupfer und Antimon; 2) Eine Quadratlinie Gold mit 1 Drachme Quecksilber zwischen Antimon und Platin; 3) 16 Blätter Gold mit 1 Drachme Quecksilber zwischen Platin und Gold. Alle waren positiv gegen Quecksilber so wie Gold. Eine Legirung aus 2 Th. Platin u. 1 Th. Quecksilber war stark negativ gegen beide Metalle, indem sie zwischen Arsenikkies und Graphit fiel. Alle Kupferamalgame waren gegen Zinn negativ. Von der positivsten Legirung anfangend, stellte endlich Ritter folgende Reihe der Legirungen von Zinn, Zink und Blei zusammen: 1) 1 Th. Zinn, 1 Th. Zink, 1 Th. Blei; 2) 1 Th. Zinn, 1 Th. Blei; 3) 1 Th. Zinn, 1 Th. Zink; 4) Zink; und die Reihe: 1) 256 Th. Zink, 1 Th. Zinn (Stanniol); 2) 128 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 3) 64 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 4) 1 Th. Zink, 64 Th. Zinn; 5) 1 Th. Zink, 128 Th. Zinn; 6) 1 Th. Zink, 256 Th. Zinn; 7) 1 Th. Zink, 16 Th. Zinn; 8) 32 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 9) 1 Th. Zink, 32 Th. Zinn; 10) 1 Th. Zink, 2 Th. Zinn; 11) 1 Th. Zink, 4 Th. Zinn; 12) 1 Th. Zink, 8 Th. Zinn;

13) 8 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 14) 4 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 15) 16 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 16) 2 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 17) 1 Th. Zink, 1 Th. Zinn; 18) Zink. Hiernach fielen alle Legirungen aus Zink mit Zinn über beide Metalle.

Eine eigenthümliche Modification des elektromotorischen Verhaltens der Metalle tritt in den sogenannten Ladungsphänomenen auf. Hierunter versteht man im Allgemeinen die Erscheinung, daß ein Metall, welches einige Zeit als negatives Glied in einer geschlossenen einfachen oder zusammengesetzten Kette gedient hat, gleichgültig, mit welchem positiveren Metall es combinirt war, nach der Wiedereröffnung der Kette an Positivität zugenommen hat, so daß es auch gegen ein anderes ihm vorher gleichartiges Stück Metall sich nun positiv verhält. Um dieß durch den Versuch nachzuweisen, combinire man eine Kupfer- und eine Zinkplatte zu einer einfachen Kette, am besten durch Eintauchen in ein gemeinschaftliches Gefäß voll sauren oder salzigen Wassers an den Enden des Multiplicatordrahtes, und lasse den Kreis nur eine oder einige Minuten geschlossen. Zieht man nachher die Zinkplatte aus der Flüssigkeit heraus und bringt an ihre Stelle eine Kupferplatte, welche merklich homogen mit der schon in Anwendung gekommenen Kupferplatte ist, so entsteht zwischen beiden Kupferplatten nun ein merklicher elektrischer Strom der Art, daß sich das vorher mit Zink combinirte Kupfer positiv verhält. Allmälig nimmt die Stärke dieses Stromes ab und verschwindet endlich. Bei Anwendung von Silber, Gold, Platin, Graphit statt des Kupfers erhält man ähnliche Resultate, und im Allgemeinen zeigt sich die Ladung um so stärker, je negativer das angewendete Metall ist. Man kann sich hierbei statt positiver Metalle auch des Zinns, Bleis, Eisens u. s. w. bedienen. Wenn zwei Platindrähte, welche mit den beiden Polen einer Säule in Verbindung stehen, in eine Salzlösung tauchen, dann nach einiger Zeit diese Verbindung aufgehoben wird, indem die Drähte von den Enden der Säule abgelöst, u. ihre freien Enden mit denen der Multiplicatordrähte verbunden werden, so erhält man einen Strom, welcher im entgegengesetzten Sinne als vorher gerichtet ist; d. h. in derselben Flüssigkeit wird der Draht, welcher als positiver Pol diente, und um den sich Sauerstoff entwickelte, der negative Pol eines neuen elektrischen Apparates, der nur aus zwei Platindrähten besteht, deren eine Enden durch den Multiplicatordraht verbunden sind, und aus einer Salzlösung, in welcher die andern Enden eingesenkt sind. Die Dauer dieses secundären Stromes ist um so anhaltender, je kräftiger die Säule war, mit der anfangs die Drähte verbunden waren. Mit Hilfe eines empfindlichen Multiplicators kann man die Erscheinung auch bei Anwendung einer einzigen Volt. Combination in folgender Abänderung der obigen Versuche erhalten. Man nimmt zwei mit einer Auflösung von Seesalz gefüllte Gefäße und taucht in jede eine Platinplatte, die mit einem Ende des Multiplicatordrahtes verbunden ist; darauf bringt man in jedes Gefäß das eine Ende einer Combination von Zink und Kupfer. Es entsteht alsbald ein Strom, der durch den Draht von Zink nach dem Kupfer geht. Nimmt man nun die Combination weg, und stellt die Verbin-

bung zwischen den beiden Flüssigkeiten durch einen Baumwollendraht her, so erhält man einen Strom von entgegengesetzter Richtung. Diese Eigenthümlichkeiten, welche Metalldrähte annehmen, durch die sich ein elektrischer Strom ergossen hat, gehören einzig den Theilen an, welche eingetaucht waren; denn schneidet man diese Theile ab und nimmt alle nöthige Vorsicht, daß die darüber liegenden Theile von allen fremdartigen Körpertheilchen befreit sind, welche gewöhnlich der Oberfläche der Körper anhängen, so wird ein secundärer Strom nicht mehr stattfinden, wenn man den vorher nicht eingetauchten Theil des Drahtes in die Flüssigkeit senkt. Die Intensität des secundären Stromes variirt im Verhältniß der Zeit, während welcher die beiden Drähte der Wirkung der Säule ausgesetzt blieben, und mit der Natur der Leiter, welche zur Schließung der Kette dienen. Delarive hat in dieser Beziehung folgende Resultate erhalten.

Zeit, während welcher die Drähte im volt. Kreise gewesen.	Ablenkung der Multiplicatornadel.
1 Minute	60°
2 —	65°
3 —	70°
4 —	75° bis 80°
5 —	85°

Derselbe fand einen Platindraht, der 20 bis 30 Minuten im Kreise einer Säule gewesen, darauf gewaschen und getrocknet worden war, noch nach einigen Tagen mit einer Ladung behaftet.*)

Aus dem Ladungsphänomen erklären sich die von Ritter entdeckten secundären Säulen. Man erhält eine solche, wenn man Scheiben von Kupfer und feuchtem Papier über einander schichtet, so daß Kupfer und Papier wechseln. Diese Säule ist nicht im Stande, durch sich selbst eine Ladung anzunehmen, wenn die Oberflächen des

*) Becquerel gibt folgende Erklärung des Phänomenens. „Nehmen wir zwei Platinplatten, deren Oberflächen vollkommen rein sind, so daß, wenn man sie in eine neutrale Salzlösung taucht, und mit einem Multiplicator verbindet, kein Strom eintritt. Hierauf nehmen wir sie heraus und bringen die eine mit derselben Lösung, welche ein Tausendtheil ihres Gewichts Salpetersäure enthält, die andere mit derselben Lösung, welche ein Tausendtheil ihres Gewichts Aetzkali enthält, in Verbindung. Senkt man die beiden Platinplatten dann wieder in die neutrale Lösung, so wird man einen Strom erhalten, welcher von der zweiten nach der ersten geht. Machen nun zwei Platinplatten Theile eines Volt. Kreises aus, innerhalb dessen sich eine Salzlösung befindet, so bedeckt sich die Oberfläche der positiven Platte mit Theilen der Säure, der negativen mit Theilen des Alkali; die beiden Platten treten mithin in einen ähnlichen Gegensatz, wie dieses bei den Platten im eben angegebenen Versuche der Fall war, und der Erfolg des nachher eintretenden secundären Stromes entspricht dem Strome, der im vorigen Versuche beobachtet wurde. Die Ursache der Erscheinung der Ladungsphänomenen wäre hiernach durch den ersten Strom eingeleitete chemische Verschiedenheit der vorher gleichartigen Metalle."

Kupfers homogen sind; setzt man aber einige Augenblicke ihre beiden Enden mit den beiden Polen einer gewöhnlichen Säule in Verbindung, so nimmt sie eine Ladung an, welche sie einige Zeit behält, und welche von der Art ist, daß eine Umkehrung der Pole stattfindet, d. h. daß der positive Pol der einen dem negativen der anderen entspricht. Mit der secundären Säule bringt man, nur in geringerem Grade, alle physiologischen und chemischen Wirkungen der Voltaschen Säule hervor. Ritter veränderte Reihe u. Ordnung der Scheiben, und fand 1) daß diejenige Anordnung, bei welcher die wenigsten Abwechselungen stattfinden, am günstigsten für den Kreislauf der Elektr. ist; wenn man z. B. eine Säule mit 64 Kupferscheiben und 64 feuchten Papierblättern herstellt, so daß die letzteren zusammen zwischen 32 Kupferscheiben auf beiden Seiten liegen, so leitet die Säule die Volt. Elektr. sehr gut, nimmt aber keine merkliche Ladung an; 2) daß das Leitungsvermögen nach und nach abnimmt, wenn man 1, 2 u. s. w. Kupferscheiben zwischen die Papierscheiben einschiebt, und daß man auf diese Weise zu einem System kommt, dessen Leitungsvermögen kaum merklich ist; 3) daß bei einer sehr geringen Anzahl von Abwechselungen, für dieselbe primitive Ladung, der Strom leicht hindurch geht, aber die chemischen und physiologischen Wirkungen Null sind; 4) daß es nöthig ist, die Abwechselungen hinreichend zu vermehren, um diese Wirkungen hervorzubringen, deren Intensität bis zu einer gewissen Grenze der Anzahl von Abwechselungen zunimmt; über diese Grenze hinaus erhält sich die elektr. Ladung, aber die chemischen und physiologischen Erscheinungen schwächen sich, jene zuerst. Bei der Volt. Säule wächst die Quantität der freien Elektricität mit der Anzahl der Plattenpaare und wiegt den Widerstand der Abwechselungen auf; während bei der secundären dieser Widerstand ganz verwendet wird, um die Strömung einer gleichbleibenden Quantität Elektricität zu modificiren.*)

Specifisches Gewicht, das, oder das **Eigengewicht** der Körper ist ein Ausdruck des Verhältnisses ihres absoluten Gewichtes oder ihrer Masse (s. die Art.) zu ihrem Volumen (s. d. Art.). Bei zwei Körpern, deren Massen oder absolute Gewichte gleich sind, verhalten sich die specif. Gewichte umgekehrt wie die Volumina,

*) Becquerel's Erklärung ist: „die Kupferscheiben der secundären Säule, welche der Wirkung einer Volt. Säule ausgesetzt ist, finden sich in demselben Verhältniß gegen die Scheibe feuchten Papiers, wie der Platindraht, welcher (bei den Ladungsphänomenen) in die Salzlösung eingetaucht ist gegen die Lösung; sobald die beiden Oberflächen jeder Kupferscheibe eine entgegengesetzte elektrische Polarität annehmen müssen, gehen die alkalischen Bestandtheile nach der einen, die sauren nach der andern Seite der Scheibe und bilden aus einer jeden solchen Scheibe eine Volt. Combination. Auf diese Weise wird die secundäre Säule zu einer wahren Voltaschen Säule, deren Elemente Säure und Alkali sind. Die Umkehrung der Pole ergibt sich aus dem Princip."

und bei zwei Körpern, deren Volumina gleich sind, verhalten sich die specifischen Gewichte wie die Massen oder absoluten Gewichte. Hat ein Körper die Masse P, das specif. Gewicht S und das Volumen V, und ein anderer Körper die Masse p, das specif. Gewicht s und das Volumen v, so hat man das Verhältniß $S : s = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$. Hiernach kann vergleichsweise das specif. Gewicht der verschiedenen Körper, welches ihre unterschiedene natürliche Beschaffenheit charakterisirt, auf dreifache Weise angegeben werden. Entweder man gibt an, welches jedes Körpers absolutes Gewicht sei unter einem bestimmten Volumen, welches als dasselbe für alle Körper angenommen wird; man hat dann für je zwei Körper $S : s = P : p$; oder man gibt an, welches jedes Körpers Volumen sei bei einem bestimmten absoluten Gewichte, welches als dasselbe für alle Körper angenommen wird; man hat dann für je zwei Körper $S : s = \frac{1}{V} : \frac{1}{v} = v : V$; oder endlich man nimmt das specif. Gewicht eines bekannten Körpers = 1 an, und gibt die Zahl an, welche das Verhältniß ausdrückt, in dem das specifische Gewicht eines anderen Körpers zu jenem = 1 angenommenen steht. Hat man z. B. (mit Hilfe einer guten Wage) gefunden, daß eine Quantität Wasser bei dem Volumen V das absolute Gewicht P habe, und ferner daß eine Quantität Eisen bei dem Volumen v das absolute Gewicht p habe, so ist (das specifische Gewicht des Wassers = S, das des Eisens = s angenommen) nach dem Vorhergehenden $S : s = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$. Nimmt man nun P als Einheit des Gewichtes, V als Einheit des Volumens an, drückt demgemäß p und v aus, so hat man auch $S = 1$ und folglich $s = \frac{p}{v}$. Bei der ersten Art der Bestimmung des specif. Gewichtes erhält man Angaben nach irgend einem gebräuchlichen Gewichtmaß (Pfunden od. drgl.), bei der zweiten Art erhält man Angaben nach einem gebräuchlichen Körpermaße (Cubikfuß od. drgl.), bei der dritten Art endlich bloße Zahlenangaben ohne Rücksicht auf ein bestimmtes Maß. Ist z. B. s für Eisen bekannt, so weiß man, daß wenn nun 1 Cub. Fuß Wasser n Pfund wiegt, gewiß 1 Cub. Fuß Eisen ns Pfund wiege, und daß, wenn 1 Pfund Wasser m Cub. Fuß einnimmt, sicher 1 Pfund Eisen $\frac{m}{s}$ Cub. Fuß einnehmen muß. Die dritte Art das specif. Gewicht auszudrücken hat den Vortheil, daß sie die allgemeinste Verständlichkeit und Gültigkeit hat, indem sie gänzlich unabhängig von den in den verschiedenen Ländern gebräuchlichen Maßen und Gewichten ist. Daher hat man diese Art der Bestimmung des specif. Gewichtes auch allgemein eingeführt und ist einstimmig überein gekommen, das reine destillirte Wasser als denjenigen Körper anzunehmen, auf welchen alle übrigen Körper bezogen werden, so also, daß sein specifisches Gewicht = 1 angenommen wird. Die Gase pflegt man mit der atmosphärischen Luft zu

vergleichen, so daß man das specifische Gewicht dieser = 1 setzt.

Die Dichte der Körper wird bekanntlich (s. d. Art Dichte) so bestimmt, daß man ebenfalls einen auf den andern bezieht, und da ein Körper auch um so dichter ist, je mehr Masse bei je weniger Volumen er hat, so kann man alle Angaben der Dichte für specif. Gew. nehmen, sobald die Dichte des Wassers als = 1 für tropfbar flüssige und feste Körper und die der Luft = 1 für gasförmige Körper angenommen wird.*) Je dichter ein Körper ist, desto größer ist sein specifisches Gewicht. Nun wirkt aber bekanntlich die Wärme ausdehnend auf die Körper, d. h. verändert ihre Dichte und damit ihr specifisches Gewicht. Dieß ist insonderheit in Bezug auf das Wasser wichtig, dessen specif. Gewicht = 1 angenommen werden soll, denn es zeigt sich, daß dasselbe kein an specifischem Gewicht unveränderlich sich gleich bleibender Körper ist. Einige haben daher vorgeschlagen, das specif. Gewicht des reinen Wassers von größtmöglichster Dichte = 1, andere das specif. Gewicht des Wassers von $0^\circ = 1$ anzunehmen. Um nun bei den Versuchen die erhaltenen Resultate auf die eine oder die andere dieser Normal-Temperaturen reduciren zu können, mußte man jedenfalls die Veränderung der Dichte oder w. d. des specif. Gewichts des Wassers im Vergleich gegen seine Temperatur kennen. Zu diesen Zwekken wurden Versuche angestellt, die mit ihren Resultaten im Art. Ausdehnung angegeben sind.

Es wurde gesagt, daß sich die specif. Gewichte (S, s) wie die Dichten (D, d) verhalten: $S : s = D : d$, folglich $S = \frac{D}{d} . s$. Bezeichnet hierin s das specif. Gewicht und d die Dichte des Wassers = 1, so bleibt $S = D$, d. h. specif. Gewicht und Dichte eines Körpers sind gleich.

Die Art, wie man das specif. Gewicht der Körper bestimmt, beruht auf dem im Art. Schwimmen näher erläuterten Satze, daß ein in eine Flüssigkeit gesenkter Körper so viel an Gewicht verliert, als das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit beträgt. Ist diese Flüssigkeit nun z. B. Wasser, und ist der eingesenkte Körper ein metallener Cylinder von dem Volumen v, so wiege man ihn erst in der Luft, dann im Wasser mit Hilfe der hydrostatischen Wage (s. d. Art. Schwimmen S. 444.) und bezeichne sich das Gewicht p, um welches der Cylinder im Wasser erleichtert wird; so ist das specifische Gewicht des Wassers $s = \frac{p}{v}$. Eine andere Art das specif. Gewicht des Wassers zu bestimmen, ist die, daß man ein Gefäß von genau bekanntem Inhalte v mit Wasser füllt, und dann das Gewicht des in ihm enthaltenen Wassers bestimmt = p, so hat man wieder das specifische Gewicht $s = \frac{p}{v}$.

*) In Bezug auf Angaben des specifischen Gewichtes der verschiedenen Körper sind daher die im Art. Dichte angegebenen Tabellen nachzuschlagen.

Auf die erste der angegebenen Arten hat z. B. **Stampfer** gefunden, daß 1 Wiener Cub. F. Wasser bei 3° R. 56 Pfd. 12 L. 172,18 Gr. wiegt.*) Auf eine ähnliche Weise kann man nun in Pfunden u. s. w. das spec. Gew. jedes Körpers finden, wenn man sein specif. Gewicht oder seine Dichte gegen Wasser = 1 kennt. Ist dieses n, so wiegt 1 Cub. F. jenes Körpers n mal so viel als 1 Kub. F. Wasser, d. h. n (56 Pfd. 12 L. 172,18 Gr.). Um nun aber die Dichte einer Flüssigkeit gegen Wasser kennen zu lernen, braucht man nur den Gewichtsverlust, den irgend ein fester Körper im Wasser erleidet, festzusetzen, er sei = p, und dann den Gewichtsverlust, den derselbe Körper in der zu untersuchenden Flüssigkeit erfährt, er sei = q, so verhalten sich diese Gewichtsverluste wie die Dichten der entsprechenden Flüssigkeiten, (D für die zu prüfende, 1 für Wasser) d. h. man hat $D : 1 = q : p$, oder $D = \frac{q}{p}$. Hierbei sind nun die Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, daß der feste Körper in jede Flüssigkeit ganz eingetaucht werde und daß er in keiner von beiden auflöslich sei. Gewöhnlich bedient man sich zur vergleichsweisen Bestimmung der Dichten oder specif. Gewichte der Flüssigkeiten eines massiven Glastropfens, und nur bei der Flußsäure muß man statt desselben eine Blei- oder Silbermasse nehmen, weil dieselbe das Glas angreift. Ein anderes Verfahren für Flüssigkeiten wäre dieß, daß man in den einen Schenkel einer umgebogenen Glasröhre die eine Flüssigkeit, in den anderen die andere Flüssigkeit *gießt*, (wenn die Flüssigkeiten zur Vermischung geneigt sind, trennt man sie durch eine gegen beide Flüssigkeiten indifferente dritte), dann hält eine kleinere Säule der specifisch schwereren, eine längere Säule der specifisch leichteren das Gleichgewicht, oder die Dichten der Flüssigkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Höhen der von den Flüssigkeiten gebildeten Säulen.

Um das specif. Gew. eines festen Körpers zu bestimmen, wiegt man ihn erst in dem luftleeren Raume, wodurch man sein absolutes Gewicht P erhält, dann wiegt man ihn in einer bekannten Flüssigkeit vom specif. Gewicht s, und notirt das Gewicht Q, um welches er in der Flüssigkeit erleichtert worden, d. h. man bestimmt eigentlich das Gew. eines dem seinen gleich großen Volumens jener Flüssigkeit; bezeichnet dann S das specif. Gewicht des Körpers, so verhält sich: $S : s = P : Q$, d. h. $S = \frac{sP}{Q}$, und wenn die Flüssigkeit Wasser war, dessen specif. Gewicht = 1 angenommen wird, so ist $S = \frac{P}{Q}$.

Bei den bisher angegebenen Verfahrungsarten zu Bestimmung des specif. Gewichts oder der Dichte bediente man sich der hydrostatischen Wagen, statt dieser kann man aber auch eines unter dem Namen **Senkwage** oder **Aräometer** (v. d. griech. *ἀραιός*, locker, dünn u. *μέτρον*, Maß, d. h. Dünnigkeitsmaß) bekannten Instrumentes sich bedie-

---

*) Weitere Angaben s. Art. **Wasser**.

nen. Im Allgemeinen ist ein Aräometer ein fester Körper, welcher in eine Flüssigkeit eingesenkt wird, und durch die Art, wie er einsinkt, die Dichte und mithin das specif. Gewicht der Flüssigkeit zu erkennen gibt. Wie im Art. Schwimmen gesagt wurde, so sinkt jeder Körper in einer Flüssigkeit so tief ein, bis das Gew. der von ihm aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit gleich seinem eigenen ist. Senkt man daher denselben Körper in verschiedene Flüssigkeiten ein, so wird er in die specif. gewichtigere minder tief einsinken als in die leichtere, oder man wird ihn, damit er in jener eben so weit wie in dieser einsinkt, mit Gewichten belasten müssen. Hieraus ergibt sich zugleich, daß die Aräometer, um ihre Angaben für verschiedene Flüssigkeiten leicht beobachten und vergleichen zu können, entweder mit Scalen versehen sein (um zu sehen, wie tief sie in den verschiedenen Flüssigkeiten einsinken), oder mit Gewichten belastet werden müssen (damit sie stets bis zu demselben Grade der Einsenkung gebracht werden).

Um das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft zu erhalten, bedient man sich eines Ballons, welcher wenigstens 250 bis 300 Kubikzoll faßt und mit einem Hahne versehen ist, welcher luftdicht verschlossen und auf eine gute Luftpumpe geschraubt werden kann. Man evantlirt mit der Luftpumpe den Ballon bis zum möglichst hohen Grade*), schließt dann den Hahn und wiegt den Ballon. Sein Gewicht sei $=$ P. Hierauf öffnet man den Hahn, wonach Luft in den Ballon eintritt, und wiegt den Ballon aufs Neue. Ist sein Gewicht jetzt $= P'$, so ist offenbar $P' - P$ das Gewicht der Anzahl Cubikzoll Luft, welche der Ballon zu fassen vermag, bei dem während des Versuchs herrschenden und (am Barometer) beobachteten Luftdruckes und der während des Versuchs herrschenden und (am Thermometer) beobachteten Temperatur. Bezeichnet V das innere Volumen des Ballons, so hat man also als Ausdruck des specif. Gewichtes der atmosphärischen Luft $= \frac{P' - P}{V}$.

Man findet so, daß Ein Cubikfuß atmosphärischer Luft bei 0° C. u. 28 P. Z. Barometerstand 564 Gran W. G., also Ein Cubikzoll 0,316 Gr. wiegt, d. h. daß die atmosphär. Luft bei 0° C. und 28 P. Z. 770 mal leichter als Wasser ist. Statt der atmosph. Luft kann man irgend eine Gasart nach der ersten Wägung, welche P gab, in den Ballon treten lassen. Ist dann das Gewicht des Ballons am Volumen $V = Q$, so hat man als specifisch. Gewicht des Gases $\frac{Q - P}{V}$. Dividirt man hierein mit dem Gewichte des gleichen Volumens atmosphärischer Luft, so hat man das specifische Gewicht des Gases gegen Luft $= 1$; vorausgesetzt, daß Temperatur und Luftdruck sich gleich bleiben. Alle diese Versuche setzen aber voraus, daß die Luftarten ganz rein sind, daß ihre Dichte und die Capacität des Ballons, so wie sein Gewicht in der Luft unverändert bleiben, und daß mittels

*) Vergl. über das ganze Verfahren den Art. Luftpumpe S. 475.

der Luftpumpe ein völlig luftleerer Raum erzeugt werden kann. Alle diese Voraussetzungen finden aber in der Wirklichkeit nicht völlig statt; denn die Luftarten enthalten immer eine größere oder geringere Menge von Wasserdünsten, die auf ihr specif. Gewicht einen nicht unbedeutenden Einfluß haben; dieses ändert sich mit dem Drucke der äußeren Luft und der Temperatur; letztere hat sogar auf die Capacität des Gefäßes und auf sein Gewicht in der Luft einen Einfluß, der zwar nur sehr gering ist, bei sehr genauen Versuchen aber doch nicht außer Acht gelassen werden darf. Man wählt zu derartigen Versuchen daher nur solche Luft, welche vorher gut ausgetrocknet worden, u. arbeitet nur bei einer bestimmten Temperatur u. bei einem bestimmten Luftdrucke, oder reducirt die unter anderen Umständen erhaltenen Resultate auf die Normaltemperatur 0° C. u. auf den Normaldruck 28 P. Z. Die Reduction wegen Aenderung des specif. Gewichts durch Wärme u. Luftdruck, als die wichtigste, läßt sich leicht veranstalten. Bezeichnet s das specif. Gew., welches man bei der Temperatur t und dem Luftdrucke b gefunden hat, s′ das auf den normalen Stand des Thermometers und Barometers reducirte specif. Gewicht; so hat man $s : s' = \frac{b}{28(1+0{,}00375\,t)} : 1$, daher $s' = \frac{s\,(1+0{,}00575\,t)\,28}{b}$. Mit dem specif. Gew. der Gase lernt man zugleich ihre Dichte kennen. Um bei der Bezeichnung derselben kleinere Zahlen zu haben, pflegt man die Dichte der atmosphär. Luft, gegen welche sie verglichen werden, nicht = 1, sondern = 100000 zu setzen. Hieraus ergibt sich für die Dichte d irgend eines Gases, dessen specif. Gewicht vorher durch $\frac{Q-P}{V}$ ausgedrückt wurde, gemäß der Proportion $d : 100000 = Q - P : P' - P$, d. h. $d = \frac{Q-P}{P'-P} \cdot 100000$. Man kann die Dichte eines Gases aus seiner chemischen Zusammensetzung berechnen. Besteht es z. B. aus a Raumtheilen eines Stoffes von der Dichte d und aus a′ Raumtheilen eines Stoffes von der Dichte d′, so ist seine gesammte Masse = $ad + a'd'$, und es selbst nimmt nach geschehener chemischer Verbindung den Raum $a + a'$ ein, wenn weder Ausdehnung noch Zusammenziehung bei derselben stattgefunden hat, so daß seine Dichte $\frac{ad + a'd'}{a + a'}$ ist. Nimmt es jedoch nach der Verbindung nicht den Raum $a + a'$, sondern den Raum A ein, so muß sich verhalten (seine Dichte = D gesetzt) $D : \frac{ad + a'd'}{a + a'} = a + a' : A$, d. h. $D = \frac{ad + a'd'}{a + a'} \cdot \frac{a + a'}{A}$, und wird $\frac{a + a'}{A}$ mit b bezeichnet $D = \frac{ad + a'd'}{a + a'} \cdot b$. *)

*) Ammoniakgas z. B. besteht aus (a =) 3 Th. Wasserstoffgas und (b =) 1 Th. Stickgas. Jenes hat die Dichte 0,07321, dieses die Dichte d′ =

Bei einem einfachen Gase kann man das specif. Gewicht oder die Dichte mittels seines Atomengewichtes und der Dichte des Sauerstoffgases (= 1,026), dessen Atomengew. = 100 gesetzt wird, aus einer einfachen Proportion berechnen. Stickstoff hat z. B. das Atomengew. 88,518, mithin die Dichte s, welche sich aus der Proportion 100 : 88,518 = 1,026 : s ergibt, d. h. s = 0,97599. Directe Wägung gibt 0,976.*)

Das Gesagte wird genügen um im Allgemeinen anzuzeigen, auf welchen Gesetzen die Bestimmung des specif. Gewichts der Körper beruht. Wie man sieht, sind die Verfahren und die Rechnungen leicht, und nur durch die Genauigkeit, welche in dieser Beziehung verlangt wird, kommen Schwierigkeiten, zu deren Ueberwindung Baumgartner vortreffliche Anleitung gibt, welche nach dem bereits Mitgetheilten verständlich sein wird.

Zur Bestimmung der Dichte eines Körpers braucht man in den meisten Fällen eine genauere und empfindlichere Wage, als zur Ausmittelung des absoluten Gewichtes, weil im erstern Falle der abzuwägende Körper sich in einer tropfbaren Flüssigkeit befinden muß, wodurch der Empfindlichkeit der Wage starker Abbruch gethan wird. Aber selbst die empfindlichste Wage muß zu diesem Ende besonders eingerichtet sein und eine an sehr kurzen Schnüren hängende Schaale haben, welche unten mit einem Haken versehen ist, um den abzuwägenden Körper an denselben hängen zu können. (Vergl. d. Art. Schwimmen S. 411 und Fig. 251.) Eine andere unerläßliche Vorrichtung ist ein unter dieser Wagschaale befindliches Postament, welches das Gefäß trägt, in dem sich die beim Abwägen zu gebrauchende Flüssigkeit befindet, und das sich senken und erhöhen läßt, um so den abzuwägenden Körper in die Flüssigkeit eintauchen und wieder herausnehmen zu können, ohne den Wagebalken tiefer oder höher stellen zu müssen. Das übrige Zubehör eines hydrostatischen Apparates zur Bestimmung der Dichte der Körper ist: 1) ein feines Menschenhaar, ein einfacher Coconfaden und ein sehr feiner Platinfaden, 2) ein abgerundeter, reiner massiver Glastropfen an einem sehr feinen Faden hängend, 3) eine metallene Federzange, 4) ein an feinen Fäden hängendes gläsernes Schälchen, 5) ein gläserner weiter Becher, 6) reines Wachs in einer Büchse, 7) ein Glasfläschchen, mit einem unten eben abgeschliffenen, gut schließenden Glasstöpsel, oder einer ebenen Glasplatte verschließbar, 8) eine Pincette, 9) ein Haarpinsel, 10) gläserne Rührstäbchen. Die Vorrichtungen 2, 3 und 4 stellt die Fig. 268. unter a, b, c vor. Man

---

0,96913. Bei der Verbindung gehen die 4 Volum. in 2 (= A) über. Hiernach ist $ad = 0,21963$; $a'd' = 0,96913$; $b = \frac{3+1}{2} = 2$; $\frac{ad + a'd'}{a + a'} \cdot b = 0,59438 = D$, d. h. der Dichte des Ammoniakgases. Durch direkte Untersuchung findet man die Dichte dieses Gases = 0,59669.

*) Ueber die Bestimmung der Dichte (und specif. Gewichte) der Dämpfe s. d. Art. Dampf.

muß vorläufig schon mit dem absoluten Gewichte jedes dieser Hilfsapparate, so wie mit seinem Gewichtsverluste, wenn er bis zu einer bestimmten Stelle in reines Wasser gesenkt wird, bekannt sein. — Man kann sich manchmal, wo man schnell zum Ziele gelangen will und kein gar scharfes Resultat verlangt, einer besondern Wage bedienen, welche die Dichte unmittelbar ohne Rechnung angibt. Diese Wage gehört in die Classe der mathematischen Schnellwagen, und besteht daher aus einem ungleicharmigen Balken acb (Fig. 269.), der in c seine Axe hat. Um die Einrichtung dieser Wage und ihren Gebrauch deutlich einzusehen, denke man sich ein Gewichtchen, dessen Werth unbekannt sein darf, am äußersten Punkte b des längern Armes aufgehängt u. den zu untersuchenden Körper an einer Stelle e des kürzern Armes, wo er mit jenem Gewichte im Gleichgewichte steht. Taucht man diesen, während er an der Wage hängt, in Wasser und rückt das Gewicht von b näher an die Axe z. B. nach d, bis wieder Gleichgewicht herrscht; so kann man aus der Länge des Stückes cd im Verhältniß zu cb die Dichte der angehängten Masse finden. Es sei das Gewicht des Körpers in der Luft $= P$, das im Wasser $= Q$, der Werth des Gegengewichts $= q$. Man hat $P \cdot ce = q \cdot bc$ und $Q \cdot ce = q \cdot dc$ das ist $P = q \cdot \frac{bc}{ce}$, $Q = q \cdot \frac{dc}{ce}$ daher die Dichte des Körpers

$$\frac{P}{P-Q} = \frac{bc}{bc-cd}.$$

Ist $bc = 1$, $bd = m$, so ist $\frac{P}{P-Q} = \frac{1}{m}$.

Ist daher der Wagebalken cb von b nach c in 2, 3, 4 u. s. w. gleiche Theile getheilt und zu den Theilpunkten, welche $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$ u. s. w. entsprechen, statt dieser Zahlen 2, 3, $\frac{3}{2}$, 4, $\frac{4}{3}$ u. s. w. gesetzt; so gibt diejenige dieser Zahlen, welche den Ort des Gegengewichts bei der zweiten Abwägung (wo sich der betreffende Körper im Wasser befindet) bezeichnet, die Dichte desselben unmittelbar an. — Für gepulverte Massen kann man mit großem Vortheil einen besondern Apparat gebrauchen, der das Volumen dieser Masse nach Abschlag der mit Luft gefüllten Zwischenräume genau kennen lernen hilft, und daher zur Kenntniß ihrer Dichte führt, wenn auch noch ihr absolutes Gewicht mittels einer Wage gefunden ist. Das Wesen dieses Apparats, dessen Kenntniß wir Say und Leslie verdanken, dürfte durch Folgendes verständlich werden. Man denke sich eine gewöhnliche, beiderseits offene Barometerröhre ab (Fig. 270.), deren oberer Theil etwas erweitert ist und mit dem untern durch eine sehr kleine, nur für die Luft durchgängige Oefnung in Communication steht. Man denke sich diese Röhre bis zur Communicationsöffnung in Quecksilber getaucht, hierauf von oben luftdicht geschlossen und dann so weit aus dem Quecksilber herausgehoben, daß die in der Röhre schwebend erhaltene Quecksilbersäule halb so lang ist, als die Quecksilbersäule im Barometer. Gesetzt es sei dieses der Fall, wenn die Oberfläche des Quecksilbers in der Röhre sich in α befindet. Da nimmt nun die Luft, welche vorhin

nur den obern weitern Theil erfüllte, diesen und einen Theil der untern Röhre bis α ein, und ihr Volumen ist offenbar verdoppelt. Oeffnet man nun die Röhre wieder u. taucht sie abermals so tief in Quecksilber wie vorhin, gibt aber in den obern Raum den gepulverten genau abgewogenen Körper, schließt das Gefäß von oben luftdicht und hebt die Röhre wieder heraus, bis die Quecksilbersäule in demselben der halben Barometerhöhe gleicht; so wird auch nun die Luft über dem Quecksilber das Doppelte des Volumens einnehmen, welches sie erfüllte, so lange der ganze äußere Luftdruck darauf wirkte. Ist z. B. dieses der Fall, wenn das Quecksilber in der Röhre bis β reicht, so ist offenbar $\alpha\beta$ das Volumen der in die Röhre eingefüllten gepulverten Masse nach Abschlag der Zwischenräume, welche Luft enthalten. — Um diese sinnreiche Methode leicht und genau anwenden zu können, wurde für das wiener Museum vom Mechanikus Ekling die Vorrichtung construirt, welche Fig. 271. verkleinert darstellt. A ist ein stählernes Gefäß, welches zur Aufnahme des gepulverten Körpers bestimmt ist, und $\frac{1}{2}$ Kubikzoll faßt. (M stellt es im Durchschnitte vor.) Dieses steht mittels einer vom obersten Rande ausgehenden und von da herablaufenden Bohrung mit der Glasröhre C in Communication, welche in das Gefäß eingekittet ist. Der obere Rand des Gefäßes ist oben abgeschliffen und mit einer Deckelplatte versehen, die sich mittelst einer Schraube heben und auch luftdicht an das Gefäß andrücken läßt. Die Glasröhre C ist in gleiche Raumtheile getheilt und eine mit Diamant eingeschnittene Scale zeigt $\frac{1}{1000}$ Kubikzoll vom obersten Punkte angefangen. Eine zweite Scale ist an einem Eisenstängelchen F angebracht, das mit der Axe der Röhre parallel steht und sich an der Glasröhre heben und senken läßt, ohne aber von selbst seinen Platz zu verlassen. Es umfaßt die Glasröhre mit zwei Federklammern. Diese Scale ist eine bloße Längenscale in Linien getheilt und dient zum Messen der in der Glasröhre schwebend erhaltenen Quecksilbersäule. Dieser ganze Apparat ist in einer Klammer L befestigt, die sich an einer verticalen gezahnten Stange mittelst eines Getriebes heben und senken läßt. Dabei befindet sich die Meßröhre C in einer 1 Zoll weiten und 24 Zoll hohen Glashülse G, die sich oben trichterförmig erweitert, und beim Versuch mit Quecksilber gefüllt ist. Ihr unteres geschlossenes Ende ist in das Bodenstück des Postaments eingelassen. Dieses Postament besteht aus zwei, mittels dreier Säulen verbundenen Holzplatten, wovon die untere, größere, Stellschrauben hat, um der Glasröhre die nöthige verticale Lage geben zu können. Die obere ist tellerförmig vertieft, um das etwa ausfließende Quecksilber aufzunehmen, und hat eine kleine, mit einem hölzernen Stift verschließbare Oeffnung, um dieses Quecksilber hindurch lassen und sammeln zu können. — Aus dem Vorhergehenden ist es leicht, den Gebrauch dieses Instruments einzusehen. Man senke die Röhre C, während die Deckelschraube gelüftet ist, so weit in die Hülse G, daß sie bis zum Nullpunkt der Volumenscale in Quecksilber getaucht ist, schließe dann den Deckel des Stahlgefäßes und hebe die Röhre C mittels des Getriebes so weit aus dem Quecksilber, bis die in der Röhre schwebend erhaltene Säule so

lang ist, wie die Hälfte der Quecksilbersäule im Barometer, dessen Stand dem Luftdrucke entspricht. Zur Messung dieser Säule dient die eiserne verschiebbare Scale. In dieser Stellung sehe man auf den Theilstrich der Volumenscale, welcher der Oberfläche des Quecksilbers in der Röhre entspricht. Hierauf lasse man die Röhre wieder im Quecksilber herabsteigen, bis dieses von Innen den Nullpunkt der Scale erreicht, öffne den Deckel, fülle in das Stahlgefäß den wohl abgewogenen gepulverten Körper, schließe den Deckel luftdicht, hebe die Röhre wieder wie vorhin aus dem Quecksilber und entnehme den Stand desselben in ihr, so bald die gehobene Säule wieder dem halben Luftdrucke entspricht, an der Volumenscale. Der vorhin gefundene Grad an dieser Scale, von dem zuletzt gefundenen abgezogen, gibt das Volumen des Pulvers nach Abschlag der mit Luft gefüllten Zwischenräume. — Bei diesem Versuche darf man mehre Vorsichtsmaßregeln nicht außer Acht lassen. Man wende stets solches Quecksilber an, das schon einmal gekocht und in einem gut verschlossenen Gefäße aufbewahrt wurde und fülle es in die Glashülse mit aller Vorsicht ein, damit es keine Luftblasen enthalte. Dazu dient ein gläserner Trichter, der bis auf den Boden der Hülse reicht. Zur größern Sicherheit muß man selbst dann, wenn die Hülse auf diese Art gefüllt worden ist, sie durch sanfte Stöße erschüttern, um die etwa daran haftenden Luftblasen auszutreiben. Man nehme sich ja in Acht, während des Versuchs die Wärme der Luft zu ändern und sorge dafür, daß das Quecksilber, welches die Hülse enthält, mit dem im Barometer einerlei Temperatur habe. Sollte dieses nicht der Fall sein, so reducire man beide Quecksilbersäulen auf einerlei Temperatur (nach dem Gesetze der Ausdehnung des Quecksilbers). Beim Messen der Quecksilbersäule mittels der eisernen Scale hat man letztere stets so zu stellen, daß ein Theilstrich derselben mit der Oberfläche des Quecksilbers genau zusammenfällt und man nicht nöthig hat, dem Augenmaße viel zu trauen. Wenn man besorgen muß, daß die in den Poren des Pulvers enthaltene Luft verdichtet sei, soll man den Versuch mehre Male wiederholen, jedoch so, daß man die gehobene Quecksilbersäule nicht immer dem halben Luftdruck entsprechend macht, sondern $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. w. desselben. Daß bei allen diesen Versuchen die Glasröhre eine verticale Stellung haben muß, versteht sich von selbst.

Wenn einem auch die besten Instrumente zur Ausmittlung der Dichte der Körper zu Gebote stehen, so darf man doch nur dann ein genaues Resultat erwarten, wenn man die bei der Behandlung derselben nöthigen Vorsichten kennt und gehörig anwendet. — Bei der Ausmittelung der Dichte eines festen, compacten, im Wasser unlöslichen Körpers hat man bekanntlich zuerst das absolute Gewicht desselben in der Luft, und dann dasselbe im Wasser zu bestimmen. Beim Abwägen in der Luft sind alle jene Vorsichten anzuwenden, welche beim Gebrauche der Wage (s. d. Art.) zu beobachten sind. Beim Abwägen im Wasser bedarf es noch anderer Maßregeln. Die erste Rücksicht verdient das Wasser und das dasselbe enthaltende Gefäß. Es ist zu genauen Versuchen unerläßlich, ganz reines Wasser zu wählen und dessen Tem-

peratur genau zu bestimmen. Das Gefäß, worin es enthalten ist, soll so weit sein, daß der darin schwebende Körper noch an jeder Seite ½ Zoll von den Wänden desselben abstehe. Daß es die zur Aufnahme des ganzen Körpers nöthige Tiefe haben muß, ist von selbst klar. — Ist der betreffende Körper dichter als Wasser, so wird er mittels eines feinen Fadens an den Haken der kürzer gehängten Wagschale befestigt. Dieser Faden soll möglichst dünn sein. Je dicker ein Faden ist, desto mehr beträgt der Fehler, welcher aus dem beim Schwanken der Wage unvermeidlichen zu tiefen Einsinken desselben hervorgeht, und desto mehr wird das Resultat der Abwägung von der durch Capillarität am Faden gehobenen Wasseröhre afficirt. Ist das absolute Gewicht des betreffenden Körpers unter 1 Quentchen, so reicht man mit einem einfachen Coconfaden aus; bis zu einem Gewichte von 1 Loth thut ein Menschenhaar sehr gute Dienste. Ueber dieses Gewicht hinaus muß man schon zu Metallfäden seine Zuflucht nehmen. Platindrähte sind vorzüglich zu empfehlen. Mehre einfache Fäden zu einer Schnur zusammengedreht oder geflochten, sollen nie gebraucht werden, weil sie Wasser aufsaugen und dadurch das Resultat unsicher machen. — Ist das Gewicht des so aufgehängten Körpers bestimmt, so wird von demselben das Gewicht des Fadens, woran er beim Abwägen hing, abgezogen u. der Rest notirt. Hierauf wird der Körper, während er noch mit den Gegengewichten balancirt, in das Wasser gesenkt. Dieses bewerkstelligt man dadurch, daß man das unter demselben befindliche Wassergefäß mittels einer besondern Vorrichtung sanft hebt. Sobald der Körper ins Wasser eintritt, wird das Gleichgewicht gestört. Man stellt es dadurch wieder her, daß man auf die Schale, worunter der Körper hängt, Gewichte zulegt, nicht aber dadurch, daß man von der andern Schale, Gewichte wegnimmt, um nicht einem etwaigen Fehler der Wage einen schädlichen Einfluß zu gestatten. Ist die ganze Masse in das Wasser getaucht und das Gleichgewicht hergestellt, so geben die Zuleggewichte den Gewichtsverlust des Körpers und des mit ihm eingetauchten Fadenstücks an; ist demnach letzteres aus einem vorläufigen oder gleich darauf folgenden Versuche bekannt, so läßt sich leicht der Gewichtverlust der betreffenden Masse bestimmen. Beim Abwägen im Wasser zeigt sich selbst die empfindlichste Wage minder empfindlich und man begeht gar leicht einen sehr einflußreichen Fehler. Deßhalb thut man gut, wenn man diese Operation noch einmal vornimmt, und schon vor dem Einsenken des Körpers in das Wasser die Gewichte so zulegt, wie man sie beim ersten Versuch zur Herstellung des Gleichgewichts für nöthig erkannt hat, auch den Körper anders an den Faden befestigt, damit ein anderer Theil desselben nach abwärts gekehrt sei und er nicht in beiden Fällen einerlei Widerstand erleide, sondern dieser in einem Falle beim Senken des Körpers, im andern beim Steigen desselben ausgiebiger sei, und aus diesen Abwägungsresultaten den Mittelwerth nimmt. — Der im Wasser schwebende Körper soll von allen Luftbläschen möglichst frei sein. Solche Körper, die ihrer Natur nach eine fette Oberfläche haben, oder die öfters durch die Hände gehen, nehmen nicht gleich das Wasser an und haben an solchen Stellen häufig kleine Bläschen. Man

beugt diesem Uebel leicht vor, wenn man die Masse, nachdem sie in der Luft abgewogen worden ist, in Wasser taucht oder geradewegs mit Wasser wäscht, bis dieses allenthalben angreift. Zeigen sich aber doch noch Blasen, wenn er schon am Faden im Wasser hängt, so muß man sie mit einem feinen Haarpinsel wegnehmen. Dasselbe soll mit jeder andern etwa an der Oberfläche des Wassers vorhandenen Luftblase geschehen, damit man nicht besorgen darf, sie hänge sich an den Faden und verursache eine Unrichtigkeit. — Körper, welche so porös sind, daß sich aus ihnen längere Zeit hindurch Luftblasen entwickeln, wie z. B. einige Samen, Korkholz u. s. w. soll man füglich nur mit dem Leslieschen Apparate untersuchen und vom Abwägen derselben im Wasser ganz abstehen. — Bei der Untersuchung von Körpern, die leichter sind als Wasser, und darum in die Zange Fig. 268. b eingespannt werden, oder bei Körnern, deren mehre zusammen auf der gläsernen Schale Fig. 268. c, abgewogen worden, ja selbst bei Massen, die im Wasser unauflöslich sind, und deßhalb in einer andern Flüssigkeit, wie z. B. in Alkohol, Terpentinöl u. s. w. abgewogen werden müssen, hat man dieselben Regeln zu beobachten, wie vorhin. Nur wenn man im letztern Falle es vorzieht, den im Wasser löslichen Körper dadurch gegen dasselbe zu schützen, daß man ihn mit Wachs umgibt, muß man die Aufmerksamkeit auf etwaige Luftblasen verdoppeln und zwar nicht bloß darauf sehen, daß sich von Außen keine derselben ansetze, sondern auch, daß sich das Wachs allenthalben an den Körper anlege. Indeß wird man es da selbst bei großer Aufmerksamkeit schwerlich zu einem so richtigen Resultate bringen, wie beim Abwägen in einer Flüssigkeit, die den Körper nicht angreift, weil bei den vielen Größenbestimmungen, die da eintreten müssen, selbst kleine Fehler durch Zusammenwirken eine große Unrichtigkeit verursachen können. — Auch beim Abwägen tropfbarer Massen bedarf es keiner neuen Maßregeln. Bestimmt man die Dichte einer Flüssigkeit durch Abwägen eines kleinen mit derselben gefüllten Fläschchens, so hat man das zu beobachten, was beim Abwägen überhaupt zu berücksichtigen; geschieht diese Bestimmung hingegen durch Abwägen eines festen Körpers in dieser Flüssigkeit, so hat man den Fall, welcher vorhin besprochen wurde. — Die Richtigkeit des Resultats, welches man bei der Bestimmung der Dichte der Körper mittels der Wage erhält, richtet sich bei übrigens gleichen Umständen auch nach der Größe der untersuchten Masse. Gar kleine Körper gestatten keine große Genauigkeit, besonders wenn ihre Dichte nicht groß ist, weil jeder Abwägungsfehler für sich schon einen großen Einfluß auf das Resultat nimmt, und die Abwägung im Wasser oder in einer andern tropfbaren Flüssigkeit mit desto weniger Genauigkeit vollzogen werden kann, je geringer das Volumen und die Dichte eines Körpers ist. Indeß darf man auch bei gar großen Massen nicht viel erwarten. Solche beschweren die Wage zu sehr, fordern eine zu große Wassermasse, in welcher leicht Ungleichheiten der Temperatur eintreten können, es hält schwer, alle Luftblasen zu bemerken und sie sind in der Regel viel zu wenig homogen, als daß sie irgend eine Varietät oder gar eine Species vorstellen könnten. Sie enthalten häufig Höhlungen, fremde,

beigemengte Stoffe u. s. w. und machen dadurch, daß man selbst in dem Falle, wo man ihre Dichte genau genug bestimmt hat, von derselben nicht den ausgedehnten Gebrauch machen kann, welchen sonst die Natur der Sache gestattet. — Wenn man auch alle diese Umstände wohl berücksichtigt, so wird man doch die Dichte fester und tropfbarer Körper auf die des reinen Wassers bei seiner größten Dichte bezogen, kaum über die dritte Decimalstelle mit Genauigkeit erhalten können. Ja selbst diese wird nur dann Zutrauen verdienen, wenn man die nach dem Vorhergehenden bestimmten Größen gehörig zu reduciren versteht. — Wenn die Dichte gasförmiger Körper bestimmt werden soll, hat man die Reinheit des Gases und die Beschaffenheit des Gefäßes, worin es stets gewogen wird, vorzüglich zu berücksichtigen. Wie reine Gase bereitet und wie ein Gas auf seine Reinheit untersucht wird, gehört in das Gebiet der Chemie; von Feuchtigkeit wird es dadurch befreit, daß man es mit Stoffen in Berührung bringt, welche das Wasser stark anziehen, wie salzsaurer Kalk, Pottasche, Schwefelsäure*); also ist nur noch übrig, einiges über die Beschaffenheit des Gefäßes zu sagen, worin man das Gas abwägt. — Man wählt zu diesem Gefäße fast ausschließlich gläserne Ballons. Ein solcher soll wenigstens $\frac{1}{2}$ Kubikfuß Inhalt haben, um den Einfluß der unvermeidlichen Abwägungsfehler zu vermindern, aus reinem dünnen Glase bestehen, damit sein Gewicht nicht übermäßig groß ausfalle und mit einer Metallfassung versehen sein, die sich abschrauben läßt. Letzteres ist besonders darum nothwen-

*) Salzsaurer Kalk und Pottasche müssen eigens zubereitet werden, wenn man sie zum Austrocknen der Gase benutzen will. Man schmilzt sie nämlich in einem irdenen Schmelztiegel, gießt sie dann auf eine Steinplatte aus, zerbricht sie in kleine Stücke und bewahrt sie in einer wohlverwahrten Glasflasche auf. Will man damit ein Gas austrocknen, so nimmt man eine Glasröhre, die etwa 6 Zoll bis 2 Fuß lang und $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll weit ist, füllt sie mit größeren oder kleineren Stücken von einer der erwähnten austrocknenden Substanzen an, bringt ein Ende derselben mit dem Gefäße in genaue Verbindung, welches das Gas enthält, das andere mit dem, welches es aufnehmen soll, und leitet es hierauf durch die Röhre. Je langsamer das Gas streicht, desto besser trocknet es aus. Ist die Röhre 2 Fuß lang und $\frac{1}{2}$ Zoll weit, so kann man binnen 10 Minuten 100 Kubik-Zoll Gas durchstreichen lassen, und des völligen Austrocknens gewiß sein. Bei engern oder kürzern Röhren braucht man dazu mehr Zeit. Man kann auch das Gas in einem Recipienten einige Zeit über der austrocknenden Substanz stehen lassen. Beim Austrocknen eines Gases mit concentrirter Schwefelsäure kann man auf ähnliche Weise verfahren. Man füllt in eine etwas gebogenen Glasröhre kleine Glasstücke und gibt dazu so viel Schwefelsäure als nöthig ist, um alle Glasstücke zu befeuchten, u. daß das Gas noch Raum zum Durchstreichen behält. Das Austrocknungsmittel muß der chemischen Natur des Gases entsprechend gewählt werden, damit nicht eine chemische Verbindung oder Zersetzung erfolge. Daher dürfen saure Gase nicht mit einem Alkali in Verbindung kommen.

dig, weil man den Ballon, um seine Capacität zu erfahren, mit Wasser füllen und hierauf wieder völlig austrocknen muß, eine Arbeit, die langsam vor sich geht und doch nur unvollkommen ausgeführt werden kann, wenn man nur durch eine kleine Oeffnung, wie sie Fassungen, die mit Hähnen versehen sind, zu haben pflegen, ins Innere gelangen kann. Aber selbst bei einer größern Oeffnung darf man sich nicht auf das bloße Austropfen des Ballons verlassen, sondern muß mit andern Mitteln zu Hilfe kommen. Vorzüglich wirksam ist in dieser Hinsicht, den Ballon, nachdem er vom tropfenden Wasser befreit ist, auf die Luftpumpe aufzuschrauben, die Luft auszupumpen, sie wieder zuzulassen und dieses Verfahren öfters zu wiederholen. Ist der Hals des Ballons so weit, daß man ohne Verunreinigung desselben austrocknende Salze anwenden kann, so gelangt man um so sicherer zum Ziele.

Die Formeln, welche man zur Berechnung der Dichte der Körper braucht, wenn man den Einfluß der Temperatur, des Luftdruckes und des Gewichtsverlustes der Körper in der Luft vernachlässigt, sind bekannt (s. oben); hier handelt es sich aber um jene, welche den Einfluß aller dieser Größen in sich fassen und daher ein völlig scharfes Resultat geben, wenn nur die durch die Erfahrung zu bestimmenden Größen richtig angegeben sind. — Wenn ein fester Körper die Masse P hat und in der Luft mit dem Gewichte p an einer Wage im Gleichgewicht steht, s das specif. Gewicht der Luft, S_1 das der Masse, woraus das Gewicht besteht, S das des Körpers ist, und sich sein Volumen vom Eispunkt bis zur Temperatur des Versuches im Verhältnisse 1 : c, das Gewicht hingegen im Verhältnisse 1 : k ausdehnt; so hat man

$$P = p\,\frac{\left(1 - \frac{k^3 s}{S_1}\right)}{1 - \frac{c^3 s}{S}} \qquad \text{(A).}$$

Wird diese Masse in Wasser von bekannter Temperatur abgewogen, so mögen, weil die Temperatur desselben von der der Luft verschieden sein kann; p_1, k_1, s_1, das bezeichnen, was vorhin p, k, s bedeuten, σ aber das specif. Gewicht des Wassers. Da erhält man

$$P = p_1\,\frac{1 - \frac{k_1^3 s_1}{S_1}}{1 - \frac{c_1^3 \sigma}{S}} \qquad \text{(B).}$$

Elimirt man aus (A) und (B) die Größe P und setzt $\frac{k^3\,s}{S} =$ a, $\frac{k_1^3 s_1}{S_1} = a_1$; so wird

$$S = \frac{p c_1^3 \sigma\,(1 - a) - p_1\; c^3 s\,(1 - a_1)}{p\,(1 - a) - p_1\,(1 - a_1)}$$

oder wenn man nur die ersten Potenzen von a und a_1 berücksichtigt,

$$S = \frac{P}{P - P_1} \cdot c_1^3 \sigma - \frac{P_1}{P - P_1} \cdot c^3 s + \frac{P\ P_1}{(P - P_1)^2} \cdot c^3 (a_1 - a) \ldots (C).$$

Sieht man den mit Luft erfüllten Raum als leer an und denkt sich beide Abwägungen bei der Normaltemperatur = 0 vollzogen; so hat man $c = c_1 = 1$, $s = 0$, $a_1 = a$ und dann ist $S = \frac{P}{P - P_1} \sigma$, welches die gewöhnliche Formel ist, die aber bei vielen Untersuchungen zu wenig Genauigkeit gewährt.

Wird das specif. Gewicht einer **tropfbaren Flüssigkeit** hydrostatisch bestimmt, so hat man drei Abwägungen, nämlich die des Hilfskörpers in der Luft, im Wasser und in der zu untersuchenden Flüssigkeit. Behält man die vorher angenommenen Bedeutungen der Buchstaben bei, so hat man für die Abwägung in der Luft die Gleichung (A), für die Abwägung im Wasser die Gleichung (B) und für die Abwägung in der betreffenden Flüssigkeit die Gleichung

$$P = P_2 \frac{1 - \frac{k_2^3\ s_2}{S_1}}{1 - \frac{c_2^3\ \sigma_1}{S}} \ldots\ldots\ldots\ldots (D)$$

wobei σ_1 das specif. Gewicht der zu untersuchenden Flüssigkeit ist, P_2, k_2, s_2, c_2, aber ihre vorige Bedeutung in Bezug auf diese Abwägung haben. Durch Vergleichung der Gleichung B mit A, erhält man die Näherungsgleichung (C) und durch Vergleichung von D mit A die Gleichung

$$S = \frac{P}{P - P_2} \cdot c_2^3 \sigma_1 - \frac{P_2}{P - P_2} c^3 s + \frac{P P_2}{(P - P_2)^2} c^3 (a_2 - a) \ldots\ldots\ldots (E)$$

und aus (C) und (E)

$$\sigma_1 = \frac{P - P_2}{P - P_1} \cdot \frac{c_1^3}{c_2^3} \sigma - \frac{P_1 - P_2}{P - P_1} \cdot \frac{c^3}{c_2^3} s +$$

$$+ \frac{P - P_2}{(P - P_1)^2} \cdot \frac{c^3}{c_2^3} \cdot P_1 (a_1 - a) - \frac{P_2}{P - P_2} \cdot \frac{c^3}{c_2^3} \cdot (a_2 - a) + \ldots$$

Sucht man das Wasser und die betreffende Flüssigkeit bei einerlei Temperatur mit der Luft zu erhalten: so hat man $c = c_1 = c_2$, $a = a_1 = a_2$ und demnach

$$\sigma_1 = \frac{P - P_2}{P - P_1} \cdot \sigma - \frac{P - P_2}{P - P_1} \cdot s + \ldots\ldots (F).$$

Sieht man endlich die in der Luft erfolgte Abwägung so an, als wäre sie im leeren Raume erfolgt, so erhält man den gewöhnlichen abgekürzten Ausdruck nämlich $\sigma_1 = \frac{P - P_2}{P - P_1} \sigma$. — Wird das specifische Gewicht einer Flüssigkeit nicht aus dem Gewichtsverluste eines festen Körpers in ihr, sondern mittels eines Fläschchens bestimmt, das ein bestimmtes Volumen derselben faßt, so geschieht die Berechnung der gesuchten Größe auf folgende Weise: Es sei wieder wie vorhin P_1 das Gewicht der Flüssigkeit, welche das Gefäß bei 0° C faßt und c die ku-

bische Ausdehnung des Gefäßes, β die der Flüssigkeit von 0° bis zur Temperatur t°, bei welcher der Versuch gemacht wurde, p_t die Gewichtsmenge dieser Flüssigkeit, welche das Gefäß bei t° C faßt und π das Gewicht der Luft unter diesem Volumen bei der Temperatur und dem Luftdrucke des Versuchs. Man hat offenbar $\frac{p_o(1+c)}{1+\beta} = p_t + \pi$ und $p_o = \frac{(p_t + \pi)(1+\beta)}{1+c}$. Ist daher ν das Volumen des Gefäßes, so ist das Gewicht der Flüssigkeit unter dem Volumen = 1 bei 0° C gleich $\frac{(p_t + \pi)(1+\beta)}{\nu(1+c)}$. — Es sei das Gewicht des Ballons, den man zur Bestimmung des spec. Gewichtes eines Gases braucht, im leeren Raume = P. Heißt seine Capacität bei 0° C ν_o, so ist dieselbe bei t° C = $\nu_o(1 + ct)$, wenn c der kubische Ausdehnungscoefficient des Gefäßes für 1° C ist. Bezeichnet man das Gewicht der trocknen atmosphärischen Luft, welche der Ballon bei 0° C und bei 0,76 Meter Luftdruck faßt, mithin das Gewicht der Luft unter dem Volumen ν_o mit p_o, so hat diese Luft bei 1° C und dem Barometerstande b das Volumen $\nu_o(1 + \alpha t)\frac{0,76}{b}$ wo α = 0,00375 ist, und diese Luft hat wieder das Gewicht p_o. Daher ist das Gewicht des Volumen 1 gleich $\frac{p_o b}{\nu_o(1+\alpha t)\,0,76}$ und das Gewicht unter dem Volumen $\nu_o(1 + ct)$ gleich $\frac{p_o(1+ct)b}{(1+\alpha t)\,0,76}$. Schraubt man obigen Ballon auf eine Luftpumpe auf, und verdünnt darin die Luft soweit, daß die Barometerprobe noch den Druck δ zeigt, so hat die zurückgebliebene Luft das Gewicht $\frac{p_o(1+ct)\delta}{(1+at)\,0,76}$. Wiegt man den Ballon sammt seinem Inhalte ab, so findet man das Gewicht der Masse des Ballons P_1 und der darin zurückgebliebenen Luft, weniger der Luftmasse, die er verdrängt. Um letztere dem Gewichte nach zu finden, sei e die Spannkraft der Wasserdünste in der Luft und daher das Gewicht der Dünste unter dem innern Volumen des Ballons vor der Luftverdünnung $\frac{5}{8}\,p_o\frac{(1+ct)e}{(1+\alpha t)\,0,76}$ und das Gewicht der durch sie verdrängten Luftmasse $\frac{p_o(1+ct)e}{(1+\alpha t)\,0,76}$ daher hat die reine dunstfreie Luft unter dem innern Volumen des Ballons das Gewicht $\frac{p_o(1+ct)b}{(1+\alpha t)\,0,76} - \frac{p_o(1+ct)e}{(1+\alpha t)\,0,76}$ und diese Luft nebst den Dünsten unter diesem Volumen wiegt $\frac{p_o(1+ct)(b - e + \frac{5}{8}e)}{(1+\alpha t)\,0,76}$ $= \frac{p_o(1+ct)(b - \frac{3}{8}e)}{(1+\alpha t)\,0,76}$. Heißt nun f das Gewicht der Luft

unter dem Volumen der Masse des Ballons, seiner Fassung u. s. w., so ist sein ganzer Gewichtsverlust in der Luft

$$\frac{p_0\,(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{(1+\alpha t)\;0{,}76}+f \text{ und daher}$$

$$P_1=P+\frac{p_0\,(1+ct)\,\delta}{(1+\alpha t)\;0{,}76}-\frac{p_0\,(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{(1+\alpha t)\;0{,}76}-f\ldots(G).$$

Läßt man nun in diesen Ballon bei der Temperatur t_1 und dem Luftdruck b_1 eine trockene Gasart eindringen, die sich mit dem Rückstande der atmosphärischen Luft vermengt und mit dieser vereint dem Druck b_1 das Gleichgewicht hält, so sei q_0 die Gewichtsmenge dieses Gases bei 0_0 und bei 0,76 M. Luftdruck, das der leere Ballon fassen kann. Er faßt nun bei den obwaltenden Umständen das Gewicht

$$\frac{q_0\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\;0{,}76}$$

und das Gewicht der gesammten, im Ballon befindlichen Luft ist

$$\frac{q_0\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\;0{,}76}+\frac{p_0\,(1+ct)\,\delta}{(1+\alpha t)\;0{,}76}.$$

Wägt man diesen Ballon bei der Temperatur t_2 und dem Luftdrucke b_2 ab, und findet dessen Gewicht P_2, so ist dieses Gewicht wieder um den ganzen Gewichtsverlust in der Luft geringer als sein absolutes Gewicht im leeren Raume, das man zu wissen braucht. Da dieser Verlust $\frac{p_0\,(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}c_1)}{(1+\alpha t_2)\;0{,}76}$ beträgt, vorausgesetzt, die Dünste in der Luft haben die Spannkraft e_1 so wird wieder

$$P_2=P+\frac{q_0\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\;0{,}76}+\frac{p_0\,(1+ct)\,\delta}{(1+\alpha t)\;0{,}76}$$
$$-\frac{p_0\,(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{(1+\alpha t_2)\;0{,}76}-f_1\ldots\ldots\ldots(H)$$

wo f_1 einem mit f analogen Werth hat. Zieht man die Gleichung (G) von (H) ab und setzt, was ohne merklichen Fehler geschehen kann $f_1=f$; so wird $P_2-P_1=\frac{q_0\,(1+ct_1)\,(b_1-\delta)}{(1+\alpha t_1)\;0{,}76}$

$$-\frac{p_0(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{(1+\alpha t_2)\;07{,}6}+\frac{p_0(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{(1+\alpha t)\;0{,}76}\ldots\ldots\ldots\ldots(J).$$

War die zweite Luftart wieder atmosphärische Luft, so ist $p_0=q_0$ und man bekommt somit

$$p_0=\frac{(P_2-P_1)\;0{,}76}{\frac{(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{1+\alpha t}+\frac{(1+ct_1)(b_1-\delta)}{2+\alpha t_1}-\frac{(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}e_1)}{1+\alpha t_2}}$$

Da nun p_0 bekannt ist, so kann man seinen Werth in (J) substituiren und in folgender Gleichung q_0 als gegeben ansehen.

$$q_0=\frac{(P_2-P_1)\,0{,}76+\frac{p_0(1+ct_2)\,(b_2-\tfrac{3}{8}c_1)}{1+\alpha t_2}-\frac{p_0\,(1+ct)\,(b-\tfrac{3}{8}e)}{1+\alpha t}}{\frac{(1+ct_1)\;(b_1-\delta)}{1+\alpha t_1}}.$$

Es ist gut, den Ballon, nachdem man ihn mit dem Gase abgewogen hat, noch einmal auf die Luftpumpe zu bringen und dieses Gas, so stark es angeht, zu verdünnen und das Ganze noch einmal abzuwägen. Geschieht dieses bei der Temperatur t_3 und dem Luftdrucke b_3, und findet man beim Abwägen das Gewicht P_3, so wird

$$q_0 = \frac{(P_3 - P_2)0{,}76 + \frac{p_0(1+ct_2)(b_2 - \frac{3}{8}e_1)}{1+\alpha t_2} - \frac{p_0(1+ct_3)(b_3 - \frac{3}{8}e_2)}{(1+\alpha t_3)}}{\frac{(1+ct_1)(b_1 - \delta)}{1+\alpha t_1}}$$

Addirt man beide Gleichungen für q_0, und nimmt b_2, t_2 als mittlere Proportionirte von b und b_3, t_1 u. t_3 an, wozu man berechtigt ist, wenn der Luftdruck und die Temperatur im steten Wachsen oder Abnehmen begriffen sind, so erhält man:

$$q_0 = \frac{\left(P_2 - \frac{(P + P_3)}{2}\right)(1 + \alpha t_1)\,0{,}76}{(1 + ct_1)(b_1 - \delta)}.$$

Kennt man die Werthe p_0 und q_0 und zugleich das innere Volumen v des Ballons bei 0°, so findet man leicht das Gewicht einer Luftmasse unter dem Volumen = 1, und die Dichte der verschiedenen Gase gegen die der atmosphärischen Luft und des Wassers. — Dieses Verfahren ist aber nur auf Gase awendbar, die das Metall der Luftpumpe nicht angreifen. Wo dieses eintritt, muß man die Anwendung, sowohl der Pumpe als metallener Hähne vermeiden. Man braucht erstere auch nicht, wenn man einmal das Volumen eines Ballons und das Gewicht der atmosphärischen Luft, die er faßt, kennt. Wiegt man nämlich einen solchen Ballon mit der atmosphärischen Luft, die er enthält, und hierauf mit Wasser oder Quecksilber gefüllt, ab, so kann man daraus das Gewicht des leeren Ballons im leeren Raume berechnen. Füllt man dann die trockne Luftart, z. B. Chlorglas ein, und wägt den Ballon wieder, so erkennt man leicht das Gewicht dieses Gases, welches im Ballon enthalten ist, und berechnet leicht auch das unter dem Volumen = 1. — In vielen Fällen berechnet man die Dichte eines Gases nach seinen chemischen Bestandtheilen, wie gezeigt wurde.

Man erleichtert sich die Bestimmung der Dichte der Körper ungemein, wenn man sich dazu den Aräometer bedient, muß aber immer darauf gefaßt sein, die Ersparung an Zeit und Mühe durch einen weniger genauen Erfolg zu erkaufen. Um diese Arbeit gehörig vornehmen zu können, ist es nothwendig, von den Aräometern selbst eine genaue Kenntniß zu besitzen. Die Scalenaräometer erhalten eine von den Einrichtungen a, b, c (Fig. 272.). Alle sind unten so belastet, daß sie mit Stabilität senkrecht im Wasser stehen, und oben haben sie eine Scale, an der man die Tiefe beobachtet, bis zu welcher das Instrument in einer gewissen Flüssigkeit einsinkt, und hiernach das specif. Gewicht der Flüssigkeit berechnet, wenn nicht die Scale selbst schon dieses Gewicht angibt. Da die Dichte der gemischten Flüssigkeiten stets einer bestimmten Art der Mischung entspricht, so bedient man sich der Aräometer

auch, um zu erkennen, wie viel Procent einer Substanz der zu untersuchenden Flüssigkeit beigemischt sind, und nimmt hierzu eingerichtete Senkwagen, deren Scale meist schon die Procente der Mischung angibt, **Procentaräometer**, oder nach der Flüssigkeit, für welche sie bestimmt sind, Salpetersäure-, Weingeistaräometer u. s. w. (S. d. Folg.).

Einige Aräometer geben an ihrer Scale weder das specif. Gewicht noch ein bestimmtes Mischungsverhältniß an, indem sie willkürlich eingetheilte Scalen haben. Die Grade sind unter einander gleich, und es entspricht eine Einsinkung um eine gewisse Anzahl Grade nicht einer in demselben Maße veränderten Dichte. Da diese Aräometer in ziemlich ausgebreitetem Gebrauch sind, so muß man die Construction ihrer Scalen und die Bedeutung ihrer Angaben für specif. Gewicht kennen. Am wichtigsten unter diesen Instrumenten sind die von **Beaumé**, **Cartier** und **Beck**.

Die Aräometer nach **Beaumé's** Construction sind die gewöhnlichsten, und werden zur Bezeichnung der Stärke des Weingeistes, der Säuren und Salzauflösungen u. s. w. gebraucht. Man verfertigt besondere Instrumente dieser Art für Flüssigkeiten, die leichter sind als Wasser und für solche, die schwerer sind. Die Graduirung wird bei beiden auf verschiedene, und zwar auf folgende Weise bewerkstelligt. — Um die Scale für schwere Flüssigkeiten (Fig. 273.) herzustellen, bereitet man eine Auflösung von 3 Theilen Kochsalz in 17 Theilen Wasser, bemerkt am Halse des Instruments den Punkt b, bis zu welchem es in diese Auflösung einsinkt und bezeichnet ihn mit 15. Der Punkt a hingegen, bis auf den das Aräometer in destillirtem Wasser untertaucht, wird 0 genannt. Den Raum zwischen a und b theilt man in 15 gleiche Theile, und trägt noch mehre solche Theile (meist bis zu 70) von b abwärts auf. Bei dem Aräometer für leichte Flüssigkeiten, wozu Fig. 274. die Scale zeigt, erhält der Punkt a, bis zu welchem das Instrument im Wasser einsinkt, die Bezeichnung 10; ein zweiter Punkt b, den man 0 heißt, wird durch Eintauchen in eine Auflösung von 1 Theile Kochsalz in 9 Theilen Wasser bestimmt. Den Raum ab theilt man in 10 gleiche Theile, und solche Grade werden in beliebiger Anzahl (gewöhnlich bis 50) auf die übrige Länge der Scale aufgetragen. — Es ist ein Mangel der **Beaumé**schen Aräometer, daß für den Einsenkungspunkt im Wasser einmal der zehnte Grad, und einmal Null angesetzt wurde. Uebrigens können diese Instrumente, obgleich sie nicht das Verhältniß der specif. Gewichte durch ihre Graduirung anzeigen, doch mit gutem Erfolge zur Vergleichung von Flüssigkeiten gebraucht werden, wenn sie gehörig mit einander übereinstimmen. Diese Uebereinstimmung wird nur erreicht, wenn das zur Graduirung angewendete Kochsalz stets gleich rein ist; wenn die Bestimmung der beiden Fundamentalpunkte a, b (Fig. 273., 274.) immer bei der nämlichen Temperatur geschieht (denn das Wasser sowohl als die Salzauflösung haben bei warmer Luft ein kleineres specif. Gewicht als bei kalter) und wenn endlich der Hals der Instrumente vollkommen cylindrisch ist. — Von diesen drei Umständen wird in der Regel nur auf den zweiten,

nämlich auf die Temperatur, Rücksicht genommen: Grund genug, die oft ziemlich unvollkommene Uebereinstimmung zwischen den nach Beaumé's Grundsätzen verfertigten Aräometern erklärlich zu finden. Beaumé bestimmte die Fundamentalpunkte seiner Scalen bei einer Wärme von 11° R., jetzt wählt man dazu häufig die Temperatur von 14° R. Die Bestimmung der Grade mittels zweier einander so nahe liegender Punkte, ist übrigens von schädlichem Einflusse auf die Genauigkeit; denn ein hier begangener Fehler wiederholt sich beim weitern Auftragen der Grade und wird am Ende der Scale sehr merklich: Es ist darum besser, neu zu verfertigende Aräometer nach einem guten Muster zu graduiren, indem man beide mit einander in zwei Flüssigkeiten von verschiedenem specif. Gewichte stellt, die zwei Einsenkungspunkte auf dem ungraduirten Instrumente bemerkt, und den Zwischenraum in so viele Grade eintheilt, als er auf dem Muster-Aräometer enthält. — Die Scale von Cartier's Aräometer, welches in Frankreich zur Prüfung des Brantweins und Weingeistes angewendet wird, ist aus der Beauméschen durch eine unnöthige und nutzlose Veränderung entstanden. Auf Cartier's Scale stimmt nämlich der 22. Grad mit dem 22. von Beaumé's Aräometer für leichte Flüssigkeiten überein; von diesem Punkte aus sowohl auf- als abwärts ist der Raum, welchen 16 Beauméschen Grade einnehmen, in 15 Theile getheilt: 15 Grade nach Cartier sind also 16 Graden von Beaumé gleich, und der Wasserpunkt fällt auf $10\frac{3}{4}$ Gr. Cartier. Auf den Cartierschen Aräometern sind in der Regel die Grade nur von 14 an aufwärts aufgetragen, weil die tiefer liegenden nie gebraucht werden und nur zwecklos das Instrument verlängern würden. — Zwei Fehler der Beauméschen Aräometer, nämlich die Bestimmung der Fundamental-Punkte durch die unsichere Anwendung einer Flüssigkeit, deren specif. Gewicht nicht festgesetzt ist, und die ungleiche Bezeichnung des Wasserpunktes, einmal mit 0, ein anderes Mal mit 10, sind bei den von Beck (in Bern) nach Bentely's Vorschlag verfertigten Aräometern beseitigt. Der Einsenkungspunkt in destillirtem Wasser heißt hier unveränderlich 0; ein zweiter Punkt, bis zu welchem das Instrument in eine Flüssigkeit eintaucht, deren specif. Gewicht = 0,850 ist, wird mit 30 bezeichnet. Diese beiden Punkte können zu jeder Zeit mit größter Schärfe bestimmt werden, und machen daher die vollkommene Uebereinstimmung selbst bei solchen Aräometern möglich, welche an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten, und sogar ohne ein Muster-Instrument verfertigt worden sind. Man theilt den Raum zwischen den erwähnten zwei Punkten in 30 gleiche Theile, trägt oben noch 40 dergleichen, unter 0 aber 80 auf, so daß 70 Grade für Flüssigkeiten welche specifisch leichter sind als Wasser, und 80 Grade für schwerere Flüssigkeiten die ganze Scale bilden. In der Ausübung wird diese in zwei Theile getrennt und auf abgesonderte Aräometer übertragen. Das Aräometer für leichte Flüssigkeiten hat den Nullpunkt gleich über der Kugel, und die 70 Grade werden nach aufwärts gezählt; bei jenem für schwere Flüssigkeiten steht 0 oben am Halse, und 80 zunächst der Kugel. — In den nachfolgenden Tafeln findet man die drei erwähnten Aräometer-Scalen

mit einander nach den ihren Graden entsprechenden specif. Gewichten verglichen; es ist über dieselben nur Folgendes zu bemerken. Die erste Spalte in beiden Tafeln enthält die fortlaufenden Zahlen der Grade, die zweite das entsprechende specif. Gewicht für alle Grade, wenn diese auf die Beauméschen Aräometer bezogen werden, die letzte das specif. Gewicht für die Grade von Becks Aräometern. Hierzu kommt in der ersten Tafel noch das specif. Gewicht für die Cartierschen Grade. Die Zahlen der zweiten Columne sind das Mittel aus den von Gilpin, der holländischen Pharmakopöe, Huß und Francoeur bekannt gemachten Angaben, welche am wenigsten von einander abweichen; sie nähern sich also vermuthlich der Wahrheit am meisten. Die specifischen Gewichte für die Cartierschen Grade sind, nach der oben angegebenen Construction dieser Scale, aus den Zahlen der zweiten Spalte abgeleitet. Die Zahlen der letzten Columne sind von Bentely berechnet, und zugleich mit seinem Aräometer bekannt gemacht worden.

I. Tafel, für Flüssigkeiten leichter als Wasser.

Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.	Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.
70	— —	— —	0.7083	39	0.829	0.824	0.8133
69	— —	— —	0.7112	38	0.834	0.829	0.8173
68	— —	— —	0.7142	37	0.839	0.834	0.8212
67	— —	— —	0.7173	36	0.844	0.839	0.8252
66	— —	— —	0.7203	35	0.849	0.845	0.8292
65	— —	— —	0.7234	34	0.854	0.850	0.8333
64	— —	— —	0.7265	33	0.859	0.855	0.8374
63	— —	— —	0.7296	32	0.864	0.861	0.8415
62	— —	— —	0.7328	31	0.869	0.866	0.8457
61	— —	— —	0.7359	30	0.875	0.872	0.8500
60	0.744	— —	0.7391	29	0.881	0.878	0.8542
59	— —	— —	0.7423	28	0.886	0.883	0.8585
58	— —	— —	0.7456	27	0.892	0.889	0 8629
57	— —	— —	0.7489	26	0.897	0.895	0.8673
56	— —	— —	0.7522	25	0.903	0.901	0.8717
55	0.763	— —	0.7556	24	0.909	0.907	0.8762
54	— —	— —	0.7589	23	0.915	0.914	0.8808
53	— —	— —	0.7623	22	0·921	0.921	0.8854
52	— —	— —	0.7658	21	0.927	0.927	0.8900
51	— —	— —	0.7692	20	0.933	0.934	0.8947
50	0.784	— —	0.7727	19	0.939	0.941	0.8994
49	0.788	— —	0.7763	18	0.946	0.948	9.9042
48	0.792	— —	0.7799	17	0.952	0.955	0.9090
47	0.795	— —	0.7834	16	0.959	0.962	0.9139
46	0.799	— —	0.7871	15	0.965	0.969	0.9189
45	0.803	— —	0.7907	14	0.972	0.976	0.9239
44	0.807	— —	0.7944	13	0.979	— —	0.9289
43	0.811	— —	0.7981	12	0.986	— —	0.9340
42	0.816	— —	0.8018	11	0.992	— —	0.9392
41	0.820	— —	0.8061	10	1.000	— —	0.9444
40	0.824	— —	0.8095	9	— —	— —	0.9497

Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.	Gr.	Beaumé.	Cartier.	Beck.
8	— —	— —	0.9550	3	— —	— —	0.9826
7	— —	— —	0.9604	2	— —	— —	0.9883
6	— —	— —	0.9659	1	— —	— —	0.9941
5	— —	— —	0.9714	0	— —	— —	1.0000
4	— —	— —	0.9770				

II. Tafel, für Flüssigkeiten schwerer als Wasser.

Gr.	Beaumé.	Beck.	Gr.	Beaumé.	Beck.
0	1.000	1.0000	37	1.337	1.2782
1	1.007	1.0059	38	1.349	1.2879
2	1.014	1.0119	39	1.362	1.2977
3	1.020	1.0180	40	1.375	1.3077
4	1.028	1.0241	41	1.388	1.3178
5	1.034	1.0303	42	1.401	1.3281
6	1.041	1.0366	43	1.414	1.3386
7	1.049	1.0429	44	1.428	1.3492
8	1.057	1.0494	45	1.442	1.3600
9	1.064	1.0559	46	1.456	1.3710
10	1.072	1.0625	47	1.470	1.3821
11	1 080	1.0692	48	1.485	1.3934
12	1.088	1.0759	49	1.500	1.4050
13	1.096	1.0828	50	1.515	1.4167
14	1.104	1.0897	51	1.531	1.4286
15	1.113	1.0968	52	1.546	1 4407
16	1.121	1.1039	53	1.562	1.4530
17	1.130	1.1111	54	1.578	1.4655
18	1.138	1.1184	55	1.596	1.4783
19	1.147	1.1258	56	1.615	1.4912
20	1.157	1.1333	57	1.634	1.5044
21	1.166	1.1409	58	1.653	1.5179
22	1.176	1.1486	59	1.671	1.5315
23	1.185	1.1565	60	1.690	1.5454
24	1.195	1.1644	61	1.709	1.5596
25	1.205	1.1724	62	1.729	1.5741
26	1.215	1.1806	63	1.750	1.5888
27	1.225	1.1888	64	1.771	1.6038
28	1.235	1.1972	65	1.793	1.6190
29	1.245	1.2057	66	1.815	1.6346
30	1.256	1.2143	67	1.839	1.6505
31	1.267	1.2230	68	1.864	1.6667
32	1.278	1.2319	69	1.885	1.6832
33	1.289	1.2409	70	1.909	1.7000
34	1.300	1.2500	71	1.935	— —
35	1.312	1.2593	72	1.960	— —
36	1.324	1.2687			

Aräometer mit Gewichten, von ihrem Erfinder Fahrenheit auch Fahrenheitsche genannt, unterscheidet sich von den Scalenaräome-

tern dadurch, daß sie am oberen Ende eine Schale zur Auflegung der Gewichte und an ihrem sehr dünnen Halse einen feinen Strich haben, bis zu welchem sie sich in jede zu untersuchende Flüssigkeit einsenken müssen. Beim Gebrauche muß man ein für allemal wissen, wie viel das Instrument selbst wiegt, und wie viel Gewicht man noch zulegen muß, damit es sich in reines Wasser bis zum Zeichen am Halse eintaucht. Es sei jenes P, dieses p. Will man die Dichte d einer Flüssigkeit finden, so senkt man es darein und legt so lange Gewichte zu, bis die Einsenkung gehörig weit geschieht. Heißt dieses Gewicht p^{I}, so ist $d = \frac{P + p^{I}}{P + p}$, weil $P + p : P + p^{I} = 1 : d$ ist. Nicholson erweiterte den Gebrauch dieses Instruments dadurch, daß er es unten mit einer Schale versah. Ein so eingerichtetes Aräometer (Fig. 275.) kann man auch zur Bestimmung der Dichte fester Körper brauchen, deren Gewicht das Auflegegewicht p nicht übertrifft. Senkt man nämlich das Instrument in reines Wasser, legt anfangs den zu untersuchenden Körper A sammt so viel Gewichten, als zur gehörigen Einsenkung nöthig sind, auf die obere Schale, nimmt dann A weg und setzt dafür Gewichte zu, so weiß man das absolute Gewicht von A. Nimmt man nun die zuletzt aufgelegten Gewichte wieder weg, legt A in die untere im Wasser befindliche Schaale, so werden die Gewichte, die zur gehörigen Einsenkung des Instruments nöthig sind, den Gewichtsverlust von A im Wasser anzeigen. Aus dem absoluten Gewichte und dem Gewichtsverluste im Wasser findet man das specifische Gewicht. *)

Die hydrostatischen Gesetze, auf welchen sowohl die Scalen- als die Gewichtaräometer beruhen, sind oben angegeben worden. Aus diesen Gesetzen läßt sich die Theorie dieser Instrumente ableiten. — Auf folgende Weise ergibt sich die Theorie der Scalenaräometer: — Es

*) Besonders erwähnt werden muß noch der Gewichtsaräometer von Tralles, welches derselbe hydrostatische Wage genannt hat. Es besteht aus einem länglichten Sphäroid von dünnem Glase a, (Fig. 276.) mit einem massiven feinen Stiele von Glas c, an dessen Spitze ein horizontales Stäbchen defg von Messing gekittet, in einer Länge von etwa zwei Zoll lothrecht herab, und dann nach etwa vier Zoll Länge mit der ersten Richtung parallel rechtwinklich gebogen wird. Senkt man den Glaskörper in ein Glas mit Wasser, hängt an das untere freie Ende des Messingstabes eine kleine Wagschaale m und beschwert diese mit den erforderlichen Gewichten, so sinkt der Glaskörper frei schwebend bis an ein Knöpfchen an seinem Stiele ein, und wird dann das Totalgewicht des ganzen Apperats = 1000 angenommen, und werden hiernach die erforderlichen Gewichtstheilchen verfertigt, so findet man aus der Menge solcher in die Wagschaale gelegten Gewichtstheilchen, durch welche das Einsinken in eine zu untersuchende Flüssigkeit bis an das Knöpfchen bewirkt wird, das specif. Gewicht der letzteren unmittelbar. Wöge z. B. der Apparat 600 Gewichttheilchen, wonach im Wasser 400 derselben in die Wagschaale gelegt werden müßten, und Weingeist er-

senke sich ein solches Aräometer, dessen absolutes Gewicht $= p$ ist, in eine Flüssigkeit, deren Dichte s ist, um das körperliche Stück ν ein; soll sich dieses Instrument in Wasser, dessen Dichte σ heißt, eben so weit einsenken, so muß man sein Gewicht dahin abändern, daß es in p_1 übergeht und man die Proportion hat $p : p_1 = s : \sigma$ mithin $p_1 = p \cdot \frac{\sigma}{s}$. Die Gewichtänderung beträgt daher $p_1 - p = p \, \frac{(\sigma - s)}{s}$. Bedeuten für eine zweite Flüssigkeit die Buchstaben p_2 s_1 dasselbe, was bei der ersten p_1 und s vorstellen, so ist $p_2 - p = p \, \frac{(\sigma - s_1)}{s_1}$ und aus beiden Gleichungen $p^1 - p_2 = p \, \frac{(s_1 - s)}{s s_1} \, \sigma$. Es sei nun l die Entfernung zweier Theilstriche der Scale des Aräometers, a der Durchmesser des cylindrischen Halses, an dem die Scale verzeichnet ist, und π das bekannte Kreisverhältniß und es hat demnach das Halsstück zwischen den beiden Strichen das Volumen $\frac{l \, a^2 \, \pi}{4}$ und ein gleich großer Wasserkörper hat das Gewicht $\varrho \, \frac{l \, a^2 \, \pi}{4}$, wenn ϱ das specif. Gewicht des Wassers ist. — Man hat daher $\varrho \, \frac{l \, a^2 \, \pi}{4} = \frac{p \, (s_1 - s) \, \sigma}{s s_1}$ und $l = \frac{4 \, p \, (s_1 - s) \, \sigma}{\varrho \, a^2 \, s s_1 \, \pi}$. Ist ν das in reines Wasser getauchte Volumen des Aräometers, so hat man $p = \nu \varrho$ und deßhalb $l = \frac{4 \, \nu \, (s_1 - s) \, \sigma}{a^2 \, s s_1 \, \pi}$, oder wenn man $\frac{4 \sigma}{\pi} = \mu$ setzt, $l = \frac{\mu \, \nu \, (s_1 - s)}{a^2 \, s s_1}$. Hieraus ersieht man, daß der Abstand zweier Theilstriche der Scale, welcher demselben Dichtigkeitsunterschiede entspricht, desto größer, mithin das Instrument desto empfindlicher ist, je größer das Volumen des in reines Wasser getauchten Stücks ist und einen je geringern Durchmesser der Hals hat. Selbst an demselben Instrumente ist der Abstand zweier solcher Theilstriche desto größer, je kleiner die Dichten sind, denen die Striche entsprechen. Darum ist ein Aräometer für geringere Dichten empfindlicher

---

forderte nur 200 Theilchen zuzulegen, so wäre dessen specif. Gewicht $=$ 800; erforderte dagegen Schwefelsäure noch 1200 zuzulegen, so wäre ihr spec. Gew. $=$ 1800. Da nach der Construction der Schwerpunkt des Apparats stets unter den Schwerpunkt der verdrängten Flüssigkeit fällt, so kann derselbe nicht umschlagen, und dient also zum Abwägen der schwersten, wie der leichtesten Flüssigkeiten, auch geben bei nicht zu kleinem Maßstabe des Glaskörpers und hinlänglicher Feinheit des Glasstäbchens Zehntausendstel des Totalgewichts noch einen meßbaren Ausschlag, und bis so weit kann also genau gewogen werden.

als für größere, und die Entfernung der Theilungsstriche wächst von unten nach oben, wenn sie auch gleiche Unterschiede der Dichten angeben.

Um auf gleiche Weise die Theorie der Gewichtaräometer entwickeln zu können, sei wieder p das Gewicht eines solchen Instruments, wenn es sich bis zum Zeichen am Halse in reines Wasser einsenkt, ν das Volumen desselben bis zum genannten Zeichen und ϱ das specif. Gewicht des Wassers, da ist wieder wie vorher $p = \nu\varrho$. Ist p_1 das Gewicht des Instruments, das sich in einer Flüssigkeit von der Dichte s auf die rechte Tiefe einsenkt, so ist $p_1 = \nu\varrho s$ und $s = \frac{p_1}{p}$. Setzt man dem Instrumente das Gewichtchen q zu, so wird es für eine andere Flüssigkeit von der Dichte s_1 gehörig belastet sein, und man hat $s_1 = \frac{p_1 + q}{p} = \frac{p_1}{p} + \frac{q}{p}$ mithin $s_1 - s = \frac{q}{p}$ und $q = p\,(s_1 - s) = \nu\varrho\,(s_1 - s)$. Demnach ist das Instrument desto empfindlicher, je kleiner p und je kleiner ν ist. — Heißt a der Durchmesser des Halses, l die Länge des Stückes um das der Hals durch Zusatz von q weiter in das Wasser getrieben wird, so hat man:

$$\frac{a^2\, l\, \pi\, \varrho}{4} = q \text{ und } l = \frac{4q}{a^2\, \varrho\, \pi} = \frac{4\nu\,(s_1 - s)}{a^2\pi}.$$

Nach diesen Formeln kann man leicht die Empfindlichkeit der Aräometer mit Scalen und Gewichten mit einander vergleichen. An beiden Instrumenten wird ein gleichlanges Stück des Halses gleich gut wahrnehmbar sein, mithin wird l in beiden für die Grenze der Wahrnehmbarkeit einerlei Werth haben. — Setzt man auch ν in beiden einander gleich, in welchem Falle aber ein Scalenaräometer eine fast um das Doppelte weiter greifende Scale haben kann, als ein Gewichtaräometer und bezeichnet die Größe $s_1 - s$ im erstern mit Δs, im zweiten mit $\Delta_1 s$, die Halsdicke des erstern mit a, des zweiten mit a_1, so hat man nach Hinweglassung der gleichen Größen

$$\frac{\Delta s}{a^2 s s_1} = \frac{\Delta_1 s}{a_1^2}.$$

Da s_1 von s für jeden Fall nur wenig verschieden sein kann, so darf man sich wohl erlauben $s s_1 = s^2$ zu setzen, wodurch diese Gleichung in $\frac{\Delta s}{a^2 s^2} = \frac{\Delta_1 s}{a_1^2}$ übergeht. Der Hals des Gewichtaräometers kann füglich $\frac{1}{4}$ L. dick sein, während der eines Scalenaräometers kaum unter 1 L. sein darf. Setzt man diese Werthe für a und a_1 in obigen Ausdruck, so hat man: $\frac{\Delta s}{s^2} = \frac{\Delta_1 s}{\frac{1}{16}}$ oder $\frac{16\,\Delta s}{s^2} = \Delta_1 s$, woraus man ersieht, daß das Verhältniß der Empfindlichkeit der beiden Instrumente von dem specif. Gewichte abhängt, welches angezeigt werden soll. Für $s = 1{,}5$ wird $\Delta_1 s = \frac{16}{2{,}25} \cdot \Delta s = 7\,\Delta s$, oder das Gewichtaräometer beinahe siebenmal empfindlicher als das Scalenaräometer.

Man verfertigt die Aräometer aus Glas, Messing- oder Silberblech. Aräometer von Metall bekommen leicht Eindrücke, taugen nur für wenige Flüssigkeiten, werden leicht schmutzig und verlieren beim Reinigen gar leicht etwas von ihrem Gewichte. Gläserne Aräometer sind zwar gebrechlicher, aber sie nehmen keine Eindrücke an und lassen sich ohne Gefahr des Gewichtverlustes wohl reinigen. Beim öffentlichen Verkehr, wo Aräometer den Rang einer Wage haben, sollen billig nur gläserne gestattet sein. Unter den Aräometern sind die Scalenaräometer am schwersten zu verfertigen, während Gewichtaräometer fast immer richtig sind, wenn man nur genaue Gewichte braucht. Hier soll zuerst von Skalenaräometern die Rede sein. — Das Wesentliche in der Gestalt eines Aräometers ist, daß es in der Lage, wo die Scalenröhre vertikal steht, stabil schwimmt. Dieses ist der Fall, wenn man ihm eine der Formen a, b, c, (Fig. 272.) gibt. Die erste derselben empfiehlt sich vorzüglich durch ihre Einfachheit und ist in jedem Falle zu wählen, wo die Empfindlichkeit des Instruments nicht gar groß zu sein braucht und man mit einer kleinen Portion der abzuwägenden Flüssigkeit ausreichen will. Für empfindlichere Instrumente wählt man die Formen b, c. Je größer der Körper A und je dünner der Hals B ist, desto empfindlicher wird das Instrument. Je größer der Umfang der Scale werden soll, desto länger oder desto dicker muß der Hals sein. Doch wird dessen Länge stets durch die für das Aräometer nöthige Stabilität beschränkt. — Die meiste Aufmerksamkeit bedarf man bei der Construction der Scale eines Aräometers. Manche Künstler verrichten ihre Arbeit dadurch, daß sie den Körper des zu verfertigenden Aräometers in mehre Flüssigkeiten von bekannter Dichte senken und die Einsenkungspunkte als Theilpunkte der neuen Scale betrachten. Allein diese Arbeit führt selten zu einem richtigen Resultate, weil bei der Bestimmung der Dichte der Flüssigkeiten meistens Fehler begangen werden, die nicht übersehen werden dürfen, um so mehr, als diese Bestimmung selbst, wenn die Arbeit nicht übermäßig langwierig ausfallen soll, meistens mit einem Scalenaräometer vorgenommen wird und daher ein richtiges Instrument dieser Art voraussetzt. — Für den rationellen Künstler gibt es zwei Methoden die Scale zu bestimmen: bei einer derselben werden alle Hauptpunkte der Scale unmittelbar durch einen Versuch bestimmt, bei der andern braucht man nur die zwei äußersten Punkte durch einen Versuch zu bestimmen, die übrigen findet man durch zweckmäßige Abtheilung ihres Abstandes, jene ist anwendbar, der Hals des Aräometers mag was immer für eine Gestalt haben, diese nur für einen cylindrischen oder prismatischen Hals. — Das Wesen der ersteren Methode rührt von Brisson her, und besteht darin, daß man, um einen Theilpunkt der Scale zu finden, das Gewicht des Instruments so abändert, daß es in reinem Wasser bis zu der Stelle einsinkt, wohin es sich ohne Aenderung des Gewichtes in jener Flüssigkeit einsenken würde, welche die diesem Theilstriche entsprechende Dichte hat. Um die hierzu nöthige Gewichtsänderung des Instruments zu finden, dient die Formel $p_1 - p = p \frac{\sigma - s}{s}$, wo p das bleibende Gewicht

des Instruments ist, welches wir das Normalgewicht nennen wollen, p_1 dasjenige, welches das Instrument haben muß, damit es sich im Wasser, dessen Dichte $= \sigma = 1$ ist, eben so weit einsenke, wie unter dem Normalgewichte in die Flüssigkeit, deren Dichte s heißt. Ist $\sigma > s$, so ist $p_1 - p$ positiv, und man muß um die Scalenpunkte zu finden, das Gewicht des Instruments vermehren, ist aber $\sigma < s$, so wird $p_1 - p$ negativ, d. h. das Gewicht des Instruments muß vermindert werden. Man kann die Arbeit bedeutend abkürzen, wenn man für die gewöhnlichen Werthe von s vorläufig den Bruch $\frac{\sigma - s}{s}$ berechnet und die gefundenen Zahlen in eine Tabelle bringt, wie dieses in der Folge geschehen wird. — Die zweite der oben genannten Methoden rührt von Schmidt her. Um sie deutlich zu machen, sei Fig. 277. ein Aräometer, dessen Hals ab mit einer Scale versehen werden soll, so daß z. B. das Instrument in reinem Wasser von bestimmter Temperatur bis a einsinke. Man suche das Gewicht des Instruments p und das Zulegegewicht p_1, welches nothwendig ist, um die Einsenkung bis b zu bewirken. — Man errichte hierauf links u. rechts auf ab die zwei senkrechten Linien ad und bc, die sich zu einander verhalten, wie p zu $p + p_1$ so, daß man hat $ad : bc = p : p + p_1$. Nun theile man sowohl ad als bc in so viele gleiche Theile, als Striche der Scale zwischen a und b fallen sollen, und verbinde zwei so zusammengehörige Theilpunkte durch eine gerade Linie mit einander. Da wo diese Verbindungslinien ab treffen, bezeichnen sie die Stellen der Scalentheilung, die den um gleiche Differenzen wachsenden Dichten entsprechen. Daß dieses Verfahren richtig sei, zeigt sich durch folgende Betrachtung. Es sei o ein Punkt der Scale, welcher der Dichte s_1 entspricht, während zu den Punkten a und b die Dichten 1 und s gehören. Da hat man nun

$$Aa : ab = s : 1 - s, \text{ oder } ab = Aa \cdot \frac{1 - s}{s}.$$

$$Aa : ao = s_1 : 1 - s_1, \text{ oder } ao = Aa \cdot \frac{1 - s_1}{s_1}$$

und deßhalb $ob = ab - ao = Aa \left(\frac{s_1 - s}{s s_1}\right)$. Es findet daher die Proportion Statt: $ao : ob = 1 - s_1 : \frac{s_1 - s}{s_1}$. Sucht man nach der vorhergehenden Construction den Punkt s_1, so findet man ihn dadurch, daß man $ad : bc = s : 1$, d. h. $bc = \frac{ad}{s}$ macht, ad sowohl als bc in $1 - s$ gleiche Theile theilt, und in ersterer e, in letzterer Linie f so nimmt, daß $ae = ad \cdot \frac{1 - s_1}{1 - s}$ und $bf = bc \frac{s - s_1}{1 - s} = \frac{ad}{s} \cdot \frac{s - s_1}{1 - s}$ wird. Es ist also auch hier wegen $ae : bf = ao : ob$ das Verhältniß der letzteren Größen wie

oben. — Die Brissonsche Methode ist zwar allgemein anwendbar, fordert aber viel Arbeit. Man verringert diese bedeutend, ohne der Richtigkeit des Resultats nahe zu treten, wenn man nur so viele Scalenpunkte nach der Brissonschen Methode bestimmt, als nöthig sind, um die zwischen je zweien derselben liegenden Halsstücke als cylindrisch ansehen zu können, und die weitere Abtheilung der Scale nach Schmidt ausführt. Wie man sowohl diese als auch die sonst noch bei der Einrichtung eines Scalenaräometers nothwendigen Arbeiten zu verrichten hat, wird hier in Kürze angegeben werden. — Wenn man den Aräometerkörper gewählt hat, belastet man ihn im untern Theile mit Quecksilber oder Bleischrott, bis er sich so weit in Wasser einsenkt, daß der Einsenkungspunkt der unterste Punkt der Scale werden kann, und merkt sein Gewicht an. Hierauf vermehrt man sein Gewicht, bis er nur etwa $\frac{1}{2}$ Zoll aus dem Wasser herausragt, und notirt dessen Gewicht wieder, das Verhältniß dieser zwei Gewichte gibt bekanntlich das der Dichten, welche den zwei äußersten Scalenpunkten entsprechen. Hierauf zeichnet man auf feines Papier eine beliebig eingetheilte und bezifferte Scale, rollt sie zusammen und schiebt sie in den Hals des Aräometers, damit sie einstweilen den Dienst der eigentlichen Scale leiste und die Einsenkungspunkte bei der eigentlichen Scalenbestimmung leicht erkannt werden können, wenn man das Instrument aus dem Wasser genommen hat, und gibt dem Instrumente genau das Normalgewicht. Bevor man weiter geht, ist es nothwendig, die zur Bestimmung der Scalenpunkte nach Brisson nöthigen Gewichte, der Formel $p_1 - p = p\left(\frac{\sigma - s}{s}\right)$ gemäß, vorläufig zu berechnen. Es ist genug, wenn man s stets um 0,1 wachsen läßt, und die Zwischenpunkte der Schmidtschen Methode überläßt. Zur Erleichterung der Rechnung braucht man mit Vortheil folgende Tafel, welche den Bruch $\frac{\sigma - s}{s}$ oder wegen $\sigma = 1$ den Werth $\frac{1 - s}{s}$ ein für allemal angibt.

s	$\frac{1-s}{s}$	s	$\frac{1-s}{s}$
0,700	+ 0,42857	1,400	— 0,28571
0,800	+ 0,25000	1,500	— 0,33333
0,900	+ 0,11111	1,600	— 0,37500
1,000	0,00000	1,700	— 0,41176
1,100	— 0,09091	1,800	— 0,44444
1,200	— 0,16667	1,900	— 0,47368
1,300	— 0,23077	2,000	— 0,50000

Wird nun das Normalgewicht p mit jedem dieser Brüche multiplicirt, so erhält man das Gewicht, welches zugesetzt oder weggenommen werden muß, um die Scalenpunkte zu finden, welche den obigen Werthen von s entsprechen, so weit diese in die Scale fallen. — Zur weitern Ausführung wird das Aräometer an eine Wage so befestigt,

daß dessen Hals vertikal steht, bis zu dem Punkte, der dem specifischen Gewichte des reinen Wassers entspricht, bei 14° R. in dasselbe getaucht und an der Wage ins Gleichgewicht gestellt. Ist dieses geschehen, so gibt man das Gewicht, welches nach obiger Formel zur weiteren Bestimmung der Scale nothwendig ist, entweder auf die Wagschale der Seite, wo das Aräometer hängt, oder auf die andere, je nachdem $s < 1$ oder $s > 1$ ist, senkt oder hebt die Wage, bis ihre Zunge gehörig einspielt und notirt sich, bis zu welchem Punkte der Hilfsscale die Einsenkung erfolgt und verfährt so für alle zu bestimmenden Punkte. Ist diese Arbeit vollendet, so schreitet man zur weiteren Abtheilung der Scale nach Schmidt. Zu diesem Ende überträgt man die Länge der ganzen Scale auf ein aufgespanntes Zeichenpapier und errichtet die den Linien ad und bc (Fig. 277.) entsprechenden Senkrechten, zieht cax, bdx und durch jeden bereits schon bestimmten Punkt e, g der Scale und durch x eine Gerade, cf, gh, theilt hierauf die Linien ag, ge u. s. w. und bf, fh u. s. w. in so viele gleiche Theile, als neue Scalenpunkte zwischen zwei schon bestimmte fallen sollen, verbindet die zusammengehörigen Punkte der Linien ad und bc durch Gerade und findet so die weiteren Punkte der Scale. Nun braucht man daher nur mehr die Scale auszuzeichnen, zu beziffern, abzuschneiden, der bisher gebrauchten am Gewichte gleich zu machen, zusammenzurollen, in den Hals des Instruments zu stecken, sie so zu stellen, daß der Einsenkungspunkt in reinem Wasser mit dem an der Scale bezeichneten zusammenfalle, die Scale mit einem Siegellackkörnchen an das Glas zu befestigen und den Apparat zuzuschmelzen. — Bei der Verfertigung der Procentenaräometer wird anfangs eine gewöhnliche Scale für die Dichten nach dem vorhergehenden Verfahren mit Bleistift verzeichnet und dann ihr zur Seite die wahre Procentenscale nach dem aus Versuchen bekannten Zusammenhange zwischen den Dichten und den Gehaltsprocenten entworfen. Diesen Zusammenhang kann man aus der im Art. Dichte enthaltenen Tabelle der Dichte der Körper entnehmen. *) — Wenn die Anwendung der Beaumé'schen, in Grade von

---

*) In Fabriken und zu ökonomischen Zwecken hat man, um die verschiedenen Flüssigkeiten zu prüfen, eigene für sie bestimmte und eingerichtete Senkwagen. (Ueber die Alkoholmeter s. d. Art. Weingeist.) Karmarsch (in Prechtl's Encyklopädie) führt in dieser Beziehung folgendes an. „So bedient man sich in den Seifensiedereien, um die Stärke der aus Asche u. Kalk bereiteten Aetzlauge zu untersuchen, einer Laugenwage (Laugenprobe), die öfters gleichfalls als Procentenaräometer eingerichtet ist. Aehnliche Instrumente wendet man an, um die Concentration von Salzauflösungen zu erforschen. Die Salzspindeln (Salzwagen, Sool- oder Gradierwagen), die Salpeterspindeln und Pottaschewagen, auf deren Scale jeder Grad einen Gewichttheil Kochsalz, Salpeter oder Pottasche in 100 G. der Auflösung anzeigt, gehören hierher. Zuweilen haben diese Scalen eine etwas abgeänderte Einrichtung, folglich die Grade derselben eine andere, obwohl eben so bestimmte, Bedeutung. So gibt es Salzspindeln, deren Grade den

gleicher Größe getheilten, Aräometer zu einem verständlichen Resultate führen soll, muß man das specif. Gewicht kennen, welches jedem einzelnen Grade dieses Instruments entspricht (S. oben S. 541.). — Diese Bedeutung bestimmter Aräometergrade findet man am leichtesten dadurch, wenn man das Aräometer in verticaler Stellung wie oben an eine Wage befestigt, es in reines Wasser taucht und an einer oder der anderen Seite der Wage, je nachdem die Aräometergrade sich auf Dichten unter oder über der des reinen Wassers beziehen, so lange Gewichte

---

Kochsalzgehalt nicht in Hunderttheilen, sondern in 128steln (nach Quentchen in einem Pfunde der Soole) ausdrücken; und für die Pottaschesiedereien werden Aräometer verfertigt, welche angeben, wie viele Pfunde Pottasche in einem Eimer Lauge enthalten sind. Es ist leicht einzusehen, daß man auf ähnliche Weise die Bedeutung der Grade mannichfaltig abändern, so wie die Construction solcher Aräometer auf alle beliebigen Salze ausdehnen kann. Diese Einrichtungen hängen von dem speciellen, oft selbst von dem Localbedürfnisse des Fabricanten ab. Zu manchem Zwecke kann dieser sogar die ganze Aräometerscale, bis auf einen einzigen in der Erfahrung bestimmten Punkt, entbehren; wenn es sich nämlich nicht darum handelt, die Grade der Concentration einer Salzlauge, oder einer Flüssigkeit überhaupt, zu vergleichen, sondern nur auszumitteln, wann dieselbe einen gewissen Punkt erreicht habe. In diesem Falle (der z. B. eintritt, wenn beim Abdampfen gewisser Salzauflösungen der zur Krystallisation günstige Zeitpunkt, als das nicht zu überschreitende Ziel des Kochens, beobachtet werden soll) ist es am zweckmäßigsten, sich eines sehr vereinfachten Aräometers zu bedienen, nämlich einer mit Schrot beschwerten Glaskugel mit kurzem Halse, an welchem blos die Stelle bemerkt ist, bis wohin er über die Oberfläche der Flüssigkeit, bei gehöriger Concentration der letztern hervorragt. — In einigen Zuckersiedereien bedient man sich eigener Aräometer (Saccharometer), deren Scale dadurch gebildet ist, daß man den Einsenkungspunkt in destillirtem Wasser (bei 14° R.) mit 0, die Stelle aber, bis zu welcher der Hals in einer Mischung aus 1 Theile Zucker und 10 Theilen Wasser untertaucht, mit 10 bezeichnet, den Zwischenraum in 10 gleiche Theile theilt, und noch 30 solcher Theile nach abwärts aufträgt, so, daß die ganze Scale aus 40 gleich großen Graden besteht. Daß diese indeß nicht gleichen Zuckermengen in der Auflösung entsprechen, liegt am Tage. Man findet auch Zuckeraräometer, welche mit den Beaumé'schen allgemeinen Aräometern übereinstimmend graduirt sind, aber nur die Grade 20 bis 36 enthalten, weil niedrigere und höhere bei der Prüfung des Zuckersyrups nicht gebraucht werden. Alle bisher genannten Flüssigkeiten sind zur genauen Prüfung ihrer Mischung durch Aräometer deßhalb geeignet, weil sie nur zwei Bestandtheile (das Wasser als Auflösungs- oder Verdünnungsmittel, und den damit verbundenen Stoff, dessen Menge bestimmt werden soll) enthalten, daher jene Veränderung des specif. Gewichts bei derselben Temperatur unzweideutig eine Verschiedenheit des Mischungsverhältnisses anzeigt. Es gibt aber andere, zusammengesetztere Flüssigkeiten, bei welchen dieses weniger der Fall ist, und die man gleichwohl oft mittels

zulegt, bis sich das Instrument, während die Zunge der Wage gehörig einspielt, zu dem fraglichen Grade eintaucht. Heißt p das Normalgewicht, p_1 das neue Gewicht des Aräometers und s das dem betreffenden Grade entsprechende specifische Gewicht, so ist $p_1 - p = p \left(\frac{1 - s}{s}\right)$ und hieraus $s = \frac{p}{p_1}$. — Aräometer mit Gewichten sind in ihrem Baue so einfach, daß nicht viel darüber zu sagen ist und jeder dieses Instrument hinreichend kennt, wenn er mit den verschiedenen For-

---

des Aräometers beurtheilt, nothwendiger Weise mit Entbehrung eines genauen und zuverlässigen Resultats. — Zur Untersuchung der Milch haben Cadet-de-Vaux und E. Davy Aräometer angegeben. Der erstere nannte das seinige Galaktometer (Milchmesser). Es ist nichts als ein nach den Grundsätzen des Beaumé'schen Aräometers für schwerere Flüssigkeiten graduirtes gewöhnliches Aräometer, enthält aber nur die Grade von 0 (dem Wasserpunkte) bis 8 abwärts. Diese Grade sind hier so groß, daß sie bequem in Viertel getheilt werden können, was durch gehörige Vergrößerung der Kugel des Aräometers erreicht wird. In guter, nicht abgerahmter Milch sinkt dieses Instrument auf $4\frac{1}{2}$, $4\frac{3}{4}$ oder 5 Grad ein. Abgerahmte Milch zeigt, da der leichteste Theil, nämlich das Fett, von ihr genommen ist, bis $5\frac{1}{4}$ Grad. Durch Verdünnung mit Wasser wird die Milch specif. leichter und zeigt daher, je nach der zugesetzten Wassermenge, nur $3\frac{3}{4}$ bis 4 Grad. Die Verfälschung der Milch läßt sich hieraus beiläufig beurtheilen, obschon bei den oft bedeutenden natürlichen Verschiedenheiten derselben das specif. Gewicht allein nicht immer hinreichenden Grund gibt, auf Betrug zu schließen. Unleugbar liegt ein wesentlicher Fehler schon darin, daß es möglich ist, eine Milch, welche abgerahmt und dadurch schwerer gemacht wurde, durch Zusatz von Wasser wieder auf ihr anfängliches specif. Gew. zurückzuführen, diese doppelte Verschlechterung also der Anzeige des Galaktometers zu entziehen. Nicht zu gedenken der mannigfaltigen Zusätze von Mehl u. dergl., welche die Beurtheilung nach dem specifischen Gewichte höchst unsicher machen. Davy's Milchmesser (Laktometer) ist auf etwas festere Grundlagen gestützt, und insbesondere nur für abgerahmte Milch bestimmt. Davy überzeugte sich durch oft wiederholte Versuche mit Milch aus verschiedenen Meiereien, daß das specifische Gewicht der unverfälschten abgerahmten Milch nicht unter 1,036, meist 1,037 oder 1,0375, selten bis 1,040 beträgt (bei 8° R.). Käufliche Milch fand er öfters mit $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{5}$ Wasser verdünnt, übrigens aber durch keinen Zusatz verfälscht; die schlechteste darunter hatte ein specif. Gewicht von 1,026. Auf diese Erfahrungen ist die Scale des Milchmessers gegründet, bei der jener Punkt, bis an welchen das Instrument in der leichtesten unverfälschten Milch vom specifischen Gewichte 1,035 bei 60° F. einsinkt, mit 0 bezeichnet ist, und jeder der 35 von hier nach oben aufgetragenen Grade ein Procent Wasser mehr anzeigt; so daß z. B. Milch am Laktometer 20° zeigt, wenn ihr auf 100 Th. 20 Th. Wasser zugesetzt sind, sie also im Ganzen $\frac{1}{6}$ Wasser enthält. Diese Scale ist für die Temperatur von 60° F. (12°,44 R.) gültig; für jede 3° F. ($1\frac{1}{3}$° R.) darüber oder darunter muß von der beim Einsenkungspunkte ste-

men, unter denen es vorkommt, vertraut ist. Diese Instrumente werden fast ausschließlich aus Metall verfertigt. Gläserne Instrumente dieser Art haben meistens einen zu dicken Hals und sind darum minder empfindlich, als es das Wesen dieser Instrumente fordert und gestattet. Fast immer haben sie die Nicholson'sche, zur Abwägung fester Körper geeignete Gestalt und sind daher mit zwei Schalen versehen. Die obere ist fast immer auf gleiche Weise eingerichtet, die untere hingegen ist bald am untersten Ende an einem massiven Kegel angebracht, bald

---

henden Zahl 1 abgezogen oder zu derselben 1 hinzugefügt werden, um die von dem Temperaturunterschiede herrührende Veränderung des specifischen Gewichtes zu corrigiren. Andere Zusätze als Wasser machen natürlich auch hier das Resultat trüglich. — Wein und Bier werden seit langer Zeit mittels des Aräometers geprüft, so unzuverlässig auch eine Probe dieser Art ist. Der Wein hat im Allgemeinen ein geringeres specifisches Gewicht als Wasser und dieses nimmt, unter übrigens gleichen Umständen, desto mehr ab, je geistiger der Wein ist. Der Zucker aber, wovon derselbe häufig eine gewisse Menge enthält, vergrößert das specif. Gewicht; daher manche süße Weine in der That sogar specifisch schwerer sind als Wasser. Von zwei Weinen kann also öfters derjenige, welcher mehr Geist enthält, specif. schwerer sein, wenn er zugleich reicher an Zucker, mithin in jeder Hinsicht besser ist; und junger Wein wird gewöhnlich beim Liegen, indem der darin enthaltene Zucker allmälig gährt und in Weingeist verwandelt wird, weit besser, als sein specifisches Gewicht ihn schätzen läßt. Hieraus geht unleugbar hervor, daß es unmöglich ist, mittels des Aräometers die Güte des Weines mit Sicherheit zu erkennen. Die gewöhnliche Constructionsart der Scalen für die sogenannten Weinwagen ist noch überdieß so beschaffen, daß diesen Instrumenten die Uebereinstimmung unter sich ganz und gar abgeht. Man bezeichnet den Punkt, bis an welchen ein solches Instrument in Wasser einsinkt, mit 0, den Eintauchungspunkt in irgend eine gute Weinsorte mit 10, theilt den Zwischenraum in 10 gleiche Theile, und trägt dergleichen Theile noch mehre auf die übrige Länge des Halses auf. Die Eintheilung der Bierproben oder Bierwagen ist eben so willkührlich und schwankend; sie unterscheidet sich von jener der Weinwagen dadurch, daß der Nullpunkt für das Bier, als eine das Wasser an specifischem Gewichte übertreffende Flüssigkeit, sich am oberen Ende der Scale befindet. Cadet-de-Vaux hat das Beaumé'sche Aräometer zur Prüfung des Weines und des Mostes vorgeschlagen, und Chevallier hat hiernach zwei Instrumente ausgeführt, welche er Gleukometer (Mostmesser) u. Oenometer (Weinmesser) nannte. Ersteres enthält von der Beaumé'schen Scale für schwere Flüssigkeiten nur die ersten Grade von 0 bis 16 abwärts, aber diese Grade sind groß, damit das Instrument empfindlicher wird. Je weniger dasselbe im Moste einsinkt (d. h. je mehr Grade es angibt), desto mehr Zucker kann man in letzterm voraussetzen und desto besserer Wein ist daher zu erwarten. Achtgradiger Most gibt nur mittelmäßigen, zwölfgradiger schon guten Wein. An dem Oenometer, dessen Scala unten mit 0 anfängt, zeigen schwache Weine 1 oder 2, bessere 4 bis 5, sehr gute 7 auch 8 Grad. Man kann

wird sie durch einen Korb gebildet (Fig. 278.), den man umwenden und mit der Wölbung aufwärts drehen kann, damit er zugleich zur Festhaltung von Stoffen diene, die leichter sind als Wasser und daher in demselben aufsteigen. Sehr zweckmäßig ist die von Mohs zuerst gebrauchte Einrichtung (Fig. 279.), wo diese Schale gleich unmittelbar unter dem Halse sich befindet und wo man den abzuwägenden Körper in diese Schale bringen und wieder wegnehmen kann, ohne das ganze Instrument aus dem Wasser zu heben und daher der Sorge enthoben ist, das Adhäriren der Luft an dem Körper des Instruments, welches beim Gebrauche so nachtheilig ist und bei jedem neuen Einsenken eintritt, wegzuschaffen. Jedoch muß der Körper des Instruments ziemlich groß sein und ein bedeutendes Gewicht haben, um der nöthigen Stabilität theilhaftig werden zu können. — Der Hals soll dünn sein und einen gut erkennbaren Strich haben, bis zu welchem die Einsenkung erfolgen muß. Ein zu dicker Hals macht das Instrument aus früher angegebenen Gründen unempfindlich, aber auch ein zu dünner thut dasselbe, weil er die Adhäsion des Wassers zu sehr begünstigt und macht, daß das Instrument, an welchem er angebracht ist, bei derselben Belastung zu tief oder minder tief eingetaucht bleibt. Häufig wird dieser Strich in das Metall des Halses eingravirt, aber am besten ist es, wenn man die Marke ohne Vertiefung anbringen kann, um nicht durch die Vertiefung der Adhäsion einen Vortheil einzuräumen. Dieses geht bei einem stählernen Halse sehr leicht an, man braucht ihn nur blau anlaufen zu lassen und dann den oberen Theil bis zur Einsenkungsgrenze wieder zu poliren. — Die obere Schaale des Instruments ist in der Regel zum Wegnehmen eingerichtet, oft auch mit Armen versehen, mit denen sie sich an das Wassergefäß hängt, wenn man die Belastung über Gebühr vermehrt hat. Alle solche Künsteleien sind überflüssig und man kann die obere Schaale an den Hals vollkommen fest machen, wenn man bei den Versuchen ein Wassergefäß wählt, dessen Tiefe nicht zuläßt, daß sich das Instrument bis zur oberen Schaale einsenke.

Was man beim Gebrauche der Aräometer zu beobachten hat, läßt sich leicht auf wenige Punkte reduciren, die überdieß für sich Jeder-

---

beide Scalen mit einander verbinden, wo dann der Nullpunkt in die Mitte fällt, die Grade über demselben für den Wein, jene darunter für den Most gebraucht werden. — Schließlich ist noch zu erwähnen, daß für den Gebrauch der Schnellgerberei ein Aräometer von Hermbstädt vorgeschlagen worden ist, um die Concentration der Lohbrühe zu erforschen. Dieses Loh-Aräometer sinkt in destillirtem Wasser bis zum Nullpunkt ein, der sich am oberen Ende seiner Scale befindet; von da nach abwärts sind 20 Grade aufgetragen, welche nach Procenten des Gewichts die in der Brühe enthaltene Menge von Gerbestoff und anderer aus der Lohe aufgelösten Substanzen anzeigen sollen. Eine Procenten-Scale ist hier, wenn sie auch mit Genauigkeit ausführbar wäre, ohne Werth, da das Aräometer auch solche Stoffe mit in seine Anzeige begreift, welche die Brauchbarkeit der Lohbrühe nicht erhöhen.

mann einleuchten, der das Wesen eines Aräometers kennt. — Bevor man den Versuch mit einem Aräometer macht, muß man die Temperatur der Flüssigkeit, worein er getaucht werden soll, ausmitteln und so lange ändern, bis sie jener gleich geworden ist, für welche das Instrument verfertigt ist. Diese Temperatur ist in der Regel an der Scale der Aräometer angemerkt. Wollte man bei einer anderen Temperatur Beobachtungen machen, so müßte man sie durch eine oft ziemlich mühsame Rechnung auf die dem Aräometer entsprechende reduciren. Bei der Bestimmung der Temperatur der Flüssigkeit hat man den Umstand wohl zu berücksichtigen, daß sie nicht in allen Horizontalschichten dieselbe ist und darum die flüssige Masse vor dem Einsenken des Thermometers mit einem Glasstabe wohl umzurühren. — Ist die Temperatur der Flüssigkeit auf die rechte Größe gebracht, so wird das Instrument eingesenkt, nachdem es wohl gereinigt worden ist. Dabei soll es vertical in der Flüssigkeit schweben, frei von allen Luftblasen sein und sich nicht an die Seitenwände des Gefäßes anlehnen. Bei Spindelaräometern besteht oft das Glasgefäß nur aus einer engen Glashülse, bei deren Gebrauch es fast unmöglich ist, das Instrument ganz vollkommen frei zu erhalten. Ein solches Instrument soll auch immer nur in jener Hülse gebraucht werden, in welcher es sich bei der Bestimmung der Scale befand und wenn man genöthigt ist, eine andere anzuwenden, so soll man eine dieser möglichst gleiche wählen. Beim Einsenken sollen starke Stöße, jedes etwaige Nachdrücken mit der Hand und alles vermieden werden, wodurch das Instrument in starke Schwankungen versetzt wird. Dadurch wird es zu weit hinauf benetzt und darum zu schwer und unrichtig. Beim Ablesen hat man die höchste von der Flüssigkeit bezeichnete Stelle, nicht etwa die allgemeine Oberfläche derselben zu nehmen und dabei dem Auge die Stellung zu geben, wodurch jede Parallaxe vermieden wird. — Nicholson'sche Aräometer, die zur Bestimmung der Dichte fester Körper gebraucht werden und auf deren Angabe man oft ein großes Gewicht legt, sollen mit besonderer Vorsicht behandelt werden. Da sie meistens aus Metall bestehen und in Wasser gesenkt werden, hat man stete Sorge zu tragen, daß sie keine mit Fett überzogenen Stellen haben und überall leicht vom Wasser benetzt werden; darum soll man sie nicht in die bloße Hand nehmen und vor jedem Gebrauche mit einem trockenen Tuche leicht abwischen. Sie mit Weingeist zu waschen, ist nicht rathsam. Sehr wesentlich ist endlich noch eine Rücksicht, die bei metallenen Aräometern, sie mögen mit einer Scale oder mit Gewichten versehen sein, eintreten muß. Bei diesen Instrumenten geschieht es nämlich oft, daß sie an den Löthstellen kleine Oeffnungen bekommen, durch welche die Luft entweicht und dafür das Wasser eindringt. Das Dasein solcher Stellen, die natürlich zu großen Unrichtigkeiten führen, erforscht man am besten dadurch, daß man das Instrument im belasteten Zustande, wenn es ein Gewichtaräometer ist, einige Zeit im Wasser schweben läßt und nachsieht, ob es nicht immer tiefer einsinkt. Findet dieses Statt, so ist am Vorhandensein einer solchen Stelle nicht zu zweifeln und das Instrument einer Reparatur zu unterwerfen.

Spiegel nennt man jede glatte Fläche, welche die auf sie von einem Gegenstande fallenden Lichtstrahlen so zurückwirft, daß durch dieselben ein Bild des Gegenstandes hergestellt wird. Nur undurchsichtige und glatte Körper können spiegelnde Oberflächen haben, weil durchsichtige Körper das auf sie fallende Licht durch sich hindurch lassen, rauhe Körper dasselbe zerstreuen. (Vergl. d. Art. Licht.) Doch kann die Bedingung der Undurchsichtigkeit eines Körpers dadurch erfüllt werden, daß man ihm eine dunkle, undurchsichtige Unterlage gibt. Unter allen Körpern eignen sich zur Herstellung von Spiegeln am besten die Metalle, weil sie undurchsichtig und hart sind (die härtesten Metalle geben auch die besten Spiegel), und weil sie einen hohen Grad von Politur anzunehmen vermögen, und je vollkommener diese ist, desto heller sind die Spiegelbilder. Man wendet diese Art von Spiegeln in der Regel nur bei Instrumenten, selten im gemeinen Leben an, weil sie kostbar sind und leicht durch Oxydation des Metalles verderben, so daß sie wenigstens nach kurzer Zeit schon blind zu werden pflegen. Die besten Spiegel gibt angelassener Stahl, derselbe rostet aber auch so leicht, daß man ihn nur selten anwendet. Man macht die Metallspiegel aus verschiedenen harten und spröden Metallcompositionen, wie eine Mischung von 64 Th. Kupfer und 29 Th. Zinn, oder 32 Th. Kupfer, 15 Th. Zinn, 1 Th. Messing u. 1 Th. Arsenik. Edwards schreibt vor, man solle 32 Unzen Kupfer und 15 Unzen Zinn, beide Metalle von vorzüglicher Reinheit zusammenschmelzen, dann von dieser Composition einen Theil mit noch etwas Zinn in verschiedenen Quantitäten versetzen, um die beste Mischung aufzufinden, die man hernach für den eigentlichen Guß wählt, indem man der bereits geschmolzenen u. erkalteten Masse bei einer zweiten Schmelzung den noch erforderlichen Antheil Zinn und zuletzt erst den Arsenik zusetzt, von welchem man etwas mehr nehmen kann, weil sich ein großer Theil davon verflüchtigt. Auch soll ein Zusatz von Silber vortheilhaft sein. Aus den edlen Metallen macht man keine Spiegel, weil dieselben zu weich sind. Nach Simons sollen 2 Th. Kupfer mit 1 Th. Zinn das beste Spiegelmetall geben. Die Metallspiegel selbst werden erst gegossen, dann geschliffen und zuletzt sorgfältig polirt. Im gemeinen Leben bedient man sich gewöhnlich der Glasspiegel. Gute Glasspiegel geben die harten schwarzen Glasmischungen, und im Allgemeinen werden die Bilder desto schwächer, je heller die Farbe des Glases ist. Alle durchsichtigen Körper mit einer glatten Vorderfläche und einer ebenfalls glatten Hinterfläche geben zwei schwache Bilder, indem eines die von der Vorderfläche, das andere die von der Hinterfläche reflectirten Strahlen bilden. Weißes Glas würde zu Spiegeln völlig unbrauchbar sein, wenn man nicht die Hinterfläche undurchsichtig machte, indem man sie entweder mattschleift (dann gibt nur die Vorderfläche ein deutliches Bild), oder dieselbe mit einem schwarzen Körper oder mit schwarzer Farbe bedeckt (dann wird das Bild von der Hinterfläche schwach gegen das von der Vorderfläche), oder endlich, indem man Metallfolie auf die Hinterfläche legt (dann wird das Bild der Hinterfläche, welches eigentlich das Metall zurückwirft, viel heller als das von der Vorderfläche). Man kann den erläuternden Versuch

anstellen, daß man an einem Spiegelglasstreifen von etwa 2 Z. Breite, 6 bis 9 Zoll Länge und 1 Lin. Dicke, den dritten Theil mit feinem Schmirgel auf der Rückseite mattschleift, während man das zweite Drittel auf der Rückseite mit schwarzem Tuch oder schwarzem Lack überzieht, und das dritte Drittel unverändert läßt. Hält man dann eine Kerze nach einander an die verschiedenen Drittel des Glasstreifens, so bemerkt man, daß das mattgeschliffene Drittel nur ein Bild, das von der Vorderfläche, zeigt, das geschwärzte zwei Bilder erscheinen läßt, ein helles von der Vorderfläche und ein matteres von der Hinterfläche, und endlich bei dem freien Drittel zwei Bilder auftreten. Am gebräuchlichsten sind die Glasspiegel, deren Rückseite mit Folie belegt ist. Man bedient sich hierbei der Zinnfolie. Dieselbe hängt für sich an dem Glase nicht an; um die Anhängung zu bewirken, benetzt man die Zinnfolie mit Quecksilber, reibt sie mit einem Hasenlaufe oder bloß mit den Fingern, um Amalgamirung zu bewirken, legt dann Fließpapier darauf, u. über dieses eine reine und trockene Spiegelplatte. Hierauf entfernt man durch langsames Wegziehen des Papiers den Schmutz vom Quecksilber und drückt die Glasplatte fest an. Das Amalgam hängt dann am Glase fest und der Spiegel ist fertig. Bei diesem Verfahren wird eine äußerst glatte Metallfläche erzeugt, welche der eigentliche Spiegel ist, indem das durchsichtige Glas nur zur Befestigung dient, und unsere gewöhnlichen Spiegel sind auf diese Weise eigentlich Metallspiegel. Daß in der That das Bild auf der Rückseite erzeugt wird, davon überzeugt man sich, wenn man eine Nadel mit der Spitze auf das Glas des Spiegels hält, dann erkennt man bekanntlich aus der Entfernung der wirklichen Nadelspitze und der Spitze des Bildes die Dicke des Glases *); Beweis, daß das Bild an der Rückseite gebildet wird. Doch macht auch die Vorderseite des Glases ein Bild, welches man nur gewöhnlich übersieht, weil das Bild von der Folie viel heller ist, aber sehr wohl wahrnimmt, wenn man z. B. eine Kerzenflamme dem Spiegel nähert. Die beiden Bilder fallen dann dicht neben einander. Ein Beweis, daß die bei den gewöhnlichen Spiegeln auftretenden Bilder ihren Ursprung von der Folie ableiten, liegt auch darin, daß die Färbung des Glases (z. B. grünes Glas) auf die Farben des Bildes von Einfluß ist. Würde nämlich das Bild an der Vorderfläche gebildet, so würden genau eben so gefärbte Lichtstrahlen zurückgeworfen werden müssen, als darauf fallen, aber beim Durchgange durch das Glas geschieht analog dessen Färbung eine Veränderung in der Färbung der Lichtstrahlen, (weil grünliches Glas z. B. solches ist, welches nur grünliches Licht durchläßt, indem es die übrigen Farben mehr oder weniger absorbirt. Vergl. d. Art. Farbe S. 365.). Die Spiegel würden alles auf sie fallende Licht zurückwerfen, und daher Bilder geben, welche an Helligkeit den gespiegelten Gegenständen (Objecten) vollkommen gleich wären, wenn

---

*) Es ist (nach dem Folgenden) das Bild des Objects, hier der Nadel, soweit hinter der spiegelnden Ebene, als das Object selbst vor derselben. Man sieht also eigentlich die doppelte Glasdicke.

sie mit vollkommener Genauigkeit glatt, ohne irgend welche Erhöhungen und Vertiefungen wären. Dieß ist jedoch niemals der Fall und man nimmt an, daß bei Glasspiegeln von mittelmäßiger Güte 0,4816 des auffallenden Lichtes verloren gehen, bei den besten 0,3494. Daher wird das Bild des Spiegels immer minder hell als das Object und läßt man das Bild nach einander mehrmals durch Spiegel reflectirt werden, so verschwindet das Object mehr und mehr mit dem Hinzukommen jedes neuen Spiegels. *)

Man unterscheidet die Spiegel nach der Form ihrer Oberfläche in gekrümmte (Cylinderspiegel, Hohlspiegel, Kugelspiegel; s. die einz. Art.) und ebene Spiegel.

Die Gesetze der ebenen Spiegel lassen sich leicht aus dem Gesetze der Zurückwerfung des Lichtes: daß der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich ist, ableiten. Gesetzt, AB (Fig. 280.) sei der Durchschnitt eines ebenen Spiegels, DD das sich spiegelnde Object, O das Auge des Beobachters, DA das auf AB senkrechte Einfallsloth, DM der einfallende Strahl. Dann ist DMA der Einfallsw. = ONB dem Ausfallsw. = ANF (des letztern Scheitelw.). Da nun AN = AN u. bei A rechte Winkel sind, so ist Dreieck DMA congruent Dreieck FNA, folglich FA = DA; der Punkt F des Bildes fällt gerade eben so weit hin-

---

*) Auch in die Metalle scheint das Licht in gewissem Grade einzudringen, so daß Metallspiegel bis zu einer gewissen Tiefe durchsichtig sind. Brewster erklärt hiernach das Phänomen eines chines. Spiegels; derselbe bestand aus einer Composition von Zinn u. Kupfer (chines. Silber) und hatte auf der Rückwand Figuren; ließ man nun Sonnenstrahlen von seiner polirten Vorderfläche reflectiren und auf eine Wand fallen, so erschien auf dieser ein deutliches Bild der auf der Rückwand befindlichen Figuren. Nach Brewster wurde das Bild aber nicht von den Figuren erzeugt, sondern diese waren nur angebracht, um den Untersucher auf falsche Spur zu leiten. „Die Bilder (sagt Brewster) sind vielmehr eine Copie der Zeichnung, welche der Künstler auf die Vorderseite des Spiegels aufgetragen u. durch Schleifen so versteckt hat, daß sie im gewöhnlichen Lichte unsichtbar ist und nur im Sonnenlichte hervortritt. Will man z. B. einen Drachen hervorbringen, so braucht man nur einen solchen auf die bis zur Politur fertige Spiegelfläche mit dünnen Strichen zu graviren, oder, damit nur der kleinstmögliche Theil des Metalles fortgenommen werde, mit einer verdünnten Säure einzuätzen, und dann die Oberfläche stark zu poliren, nicht auf Pech, wie es mit Glas und Spiegeln geschieht, sondern auf Wollenzeug, wie man Linsen zuweilen polirt. Auf diese Weise werden die vertieften Linien eben so stark polirt, als die übrige Fläche und die Figur erscheint nur in sehr starkem Lichte, wenn man Sonnenstrahlen von der Metallfläche reflectiren läßt. Wenn der von der Figur eingenommene Raum mit Linien bedeckt oder geätzt ist, so erscheint die Figur auf der Wand dunkel auf hellerem Grunde; ist aber dieser Raum unverletzt gelassen, und die übrige Fläche gravirt oder geätzt, so erscheint die Figur hell auf dunklerem Grunde.“

ter AB, als der entsprechende Punkt D des Objekts vor AB liegt. Eine entsprechende Betrachtung läßt sich für jeden Punkt des Objekts und den entsprechenden Punkt des Spiegelbildes anstellen und es folgt, daß beim ebenen Spiegel:

1) das Spiegelbild eben so weit hinter dem Spiegel liegt, als das Objekt vor demselben;

2) daß das Spiegelbild eben so geneigt ist, gegen die Ebene des Spiegels, wie des Objekts;

3) daß das Spiegelbild dieselbe Größe wie das Objekt hat; wobei zu bemerken, daß hier nur von der scheinbaren durch den Gesichtswinkel bestimmten Größe (s. d. Art. Gesicht, S. 687) die Rede sein kann.

Es folgt zugleich, daß im Spiegelbilde, alles was am Objekt rechts ist, links wird und umgekehrt, und daß der Gegenstand selbst mit dem Bilde einen Winkel macht, welcher doppelt so groß ist als der Winkel, welchen das Objekt mit der Ebene des Spiegels macht. Man kann sich namentlich von der ersten Erscheinung leicht überzeugen, wenn man sein eigenes Bild im Spiegel betrachtet. Nimmt man ungewohnte Beschäftigungen vor dem Spiegel vor, so wird man häufig die Richtungen der Bewegung verwechseln.

Wenn ein Spiegel einen Gegenstand vollständig im Spiegel zeigen soll, so muß seine Größe wenigstens halb so groß als die scheinbare Größe des Gegenstandes sein. Denn gesetzt SL (Fig. 281.) bedeute den Spiegel, AB das Objekt, A′B′ das Bild, so ziehe man von einem beliebigen Punkte P die geraden Linien PA, PB, so ist sl die nothwendige Größe des Spiegels. Wie aber auch P angenommen sein mag, stets wird man PN senkrecht auf SL und AB ziehen können. Dann muß nach dem Vorhergehenden PM = MN sein, und man hat: $sl : AB = PM : PN = 1 : 2$. — Wird ein Spiegel um eine in seiner Ebene liegende Axe gedreht, so bewegt sich natürlich das Spiegelbild, und zwar um einen doppelt so großen Winkel, als der Winkel, um welchen der Spiegel gedreht wird. Ist Fig. 282. SL der Spiegel in der ersten Lage, S′L′ derselbe in der zweiten Lage, so ist die Drehung um den Winkel SOS′ erfolgt. Steht nun der Gegenstand bei G, so ist (GOS = BOL), GO der einfallende, OB der ausfallende Strahl, u. nach der Drehung ist (GOS′ = B′OL′) GO der einfallende, OB′ der ausfallende Strahl. Es ist also BOB′ der Winkel, um den das Bild gedreht worden, und es wird behauptet, daß $BOB' = 2 SOS'$. MO ist eine Senkrechte auf SL u. M′O auf S′L′. Es ist $BOB' = BOL + LOB'$; aber $BOL = GOS$ und $LOB' = LOL' - B'OL' = SOS' - GOS'$; mithin $BOB' = GOS + SOS' - GOS' = 2\,SOS'$, welches behauptet wurde. — Stehen zwei Spiegel rechtwinklich aufeinander, wie BC und DC (Figur 283.) und bewegt sich ein in beiden gespiegelter Körper A senkrecht gegen den einen, z. B. in der Linie AB, so geht zugleich das Bild a nach B und das Bild b nach c, so daß sich beide Spiegelbilder einander entgegen bewegen. Die Richtungen, in welcher die Bewegung der Bilder erfolgt, wenn sich A nicht senkrecht, sondern schief wie in Ah

(Fig. 284.) gegen den einen Spiegel bewegt, ist leicht zu finden. ah, die Linie, in der sich das Bild a bewegt, ergibt sich durch die beiden Punkte a und h, von denen a gleichweit wie A vom Spiegel BC entfernt ist. Im Spiegel CD muß aber die Linie bc, in der sich das Bild b bewegt, denselben Winkel mit CD machen, wie Ah und dieser gleich sein, d. h. man findet bc, wenn man CD verlängert, bis seine Verlängerung von der Verlängerung von Ah getroffen wird, und von dem so gefundenen Punkte c' eine gerade Linie nach b (welcher Punkt durch bD = DA gegeben ist) zieht, und auf dieser bc = Ah nimmt. Dann nämlich sind die Winkel bei c' gleich. Denselben Punkt c findet man auch nach den leichtesten mathematischen Regeln, wenn man BC verlängert und Cc = hC nimmt. — Ist ein Spiegel um 45° gegen den Horizont geneigt, so erscheint in ihm ein gegen diesen senkrechtes Objekt horizontal und ein horizontales Objekt perpendiculär; aus dem Grunde, weil das senkrechte Objekt mit dem Spiegel einen Winkel von gleichfalls 45° macht, folglich das Bild desselben einen gleichen Winkel mit dem Spiegel bildet, mit dem Objekt also einen Winkel von 90°. Ein Bild welches in einem Winkel von 90° gegen sein perpendiculäres Objekt steht, ist aber horizontal. Eben so ist ein Bild, welches in einem Winkel von 2 × 45° = 90° gegen sein horizontales Objekt steht, perpendiculär. Bei den Guckkasten wird von dieser Erscheinung Anwendung gemacht, indem ein um 45° geneigter Spiegel die horizontal vor ihm liegenden Bilder in perpendiculärer Lage zeigt. — Hat man einen geneigten Spiegel CD, welcher mit der Perpendicularlinie den Winkel x (Fig. 285.) macht, und geht von dem Punkte S, wo die Verlängerung des Spiegels die Perpendiculäre trifft, eine schiefe Ebene SB herab, welche gegen den Horizont den Winkel m macht, so wird eine Kugel A, welche auf der schiefen Ebene von S herabrollt, im Spiegelbilde von S nach b senkrecht hinaufrollen, wenn der Winkel $x = \frac{1}{2}\, bSB = \frac{90^\circ + m}{2}$. Sind Spiegel und geneigte Ebenen so in einen Kasten eingeschlossen, daß das durch eine Ocularröhre auf den Spiegel gerichtete Auge nur das Spiegelbild erblickt, so hat man einen Apparat, der eine senkrecht in die Höhe rollende Kugel zeigt. — Zwei einander parallel gegenüberstehende ebene Spiegel spiegeln sich einer im andern, und wiederum jedes Bild des einen im anderen, so daß derartige Spiegel ihr eigenes Bild in der That unendliche Male wiedergeben. Dasselbe ist der Fall mit einem zwischen beiden Spiegeln befindlichen Objekte. Man würde dieses wirklich unzähligemal wahrnehmen, wenn nicht endlich die Bilder bei einem zunehmenden Lichtverluste, je öfter sie zurückgeworfen, so dunkel würden, daß man sie nicht mehr wahrzunehmen vermag. Man verbindet, um eine Vervielfältigung der Bilder zu erzeugen, mehre Spiegel in verschlossenen Räumen, welche entweder größere Spiegelzimmer, Spiegelsäle sind, oder kleinere, sogenannte Spiegelkasten. Je kleiner der Neigungswinkel zweier Spiegel gegen einander ist, desto öfter muß sich das Bild eines zwischen beiden befindlichen Objekts vervielfältigen. Das

Bild eines solchen Objekts erscheint bei einem Neigungswinkel der Spiegel von 120 Grad, 2 mal, von 90° 3 mal, von 72° 4 mal, von 60° 5 mal, von $51\frac{3}{7}$° 6 mal, von 45° 7 mal, von 40° 8 mal, von 36° 9 mal u. s. w. Beispiele von Spiegelkasten sind folgende. Man verfertigt sich einen pappenen Kasten in Gestalt eines vielseitigen senkrechten Prismas, und theilt selbigen durch Diagonalwände, welche sich alle in der Axe des Prisma schneiden, in so viele dreieckige Zellen ab, als das Prisma Seitenflächen hat. Diese Diagonalwände überlegt man auf beiden Seiten mit Spiegelglas, bohrt in die Seitenflächen Löcher, durch welche man in die Zellen sehen kann, bringt in jede Zelle einen einzelnen Gegenstand, und bedeckt den Kasten oben mit dünnem, durchsichtigem Zeuge, damit das Licht durchgehe. Man erblickt alsdann durch jedes Loch einen Schauplatz eben so groß, als den ganzen Kasten, welcher doch jedes Mal mit andern Gegenständen erfüllt ist. — Auch kann man in einem solchen Kasten von der nämlichen Form, aber ohne Diagonalwände, die innern Seitenflächen allein mit Spiegelglas belegen, wovon man an den Löchern die Belegung abschabt, um in das Innere sehen zu können. Mitten in dem Kasten wird ein einziges Objekt, z. B. eine Puppe gestellt. Sieht man durch ein Loch hinein, so erblickt man den Gegenstand ungemein vervielfältigt. Weil parallel gestellte Spiegel die größte Vervielfältigung der Bilder zuwege bringen, so dienen zu dergleichen Spiegelkasten am besten solche Polygone, deren zwei einander entgegengesetzte Seitenflächen mit einander parallel gehen, wie z. B. das Sechseck, Achteck u. s. w.

Spießglanz (Spießglas, Spießglanzkönig, Antimon), ein Metall, welches selten gediegen, häufig mit Schwefel verbunden vorkommt, und auf künstlichem Wege schon im 15ten Jahrhundert durch Basilius Valentinus dargestellt wurde. Man erhält es meist durch Zerlegung des Schwefelantimons mittels Eisen, oder durch Behandlung der sogenannten Spießglanzasche (Product des gerösteten Schwefelantimons), mit rohem Weinsteinpulver, oder durch Verpuffung eines Gemenges von 16 Theilen Schwefelantimon, 12 Theilen Weinstein und 6 Theilen Salpeter. Nachdem es sorgfältig gereinigt, erscheint das reine Metall als eine silberweiße, ziemlich stark glänzende Substanz von strahlig-kleinblättrigem Gefüge, die in Rhomboedern und deren Abänderungen krystallisirt, ein specif. Gewicht von 6,7 — 6,8 besitzt, nicht besonders hart, sehr spröde und leicht pulverisirbar ist. Sie schmilzt in schwacher Rothglühhitze, und verflüchtigt sich in starker Rothglühhitze bei Zutritt der Luft in weißen geruchlosen Nebeln, im verschlossenen Raume aber erst bei Weißglühhitze. Ist das Antimon mit Arsenik verunreinigt, wie dieß nicht selten vorkommt, so entwickelt es vor dem Löthrohr einen knoblauchartigen Geruch. — Verbindungen des Antimons sind mit Sauerstoff: Antimonoxyd, antimonichte und Antimonsäure. Ersteres, welches im unreinen Zustande auch Spießglanzglas heißt, und in der Natur als die sogenannte Antimonblüthe sich findet, bildet sich beim Glühen von Antimonmetall oder Schwefelantimon, wo es als weißer Nebel auf-

steigt, und sich an kalte Körper als ein weißes, lockeres Pulver, oder in glänzenden Nadeln (Spießglanzblumen) anlegt. Das natürlich vorkommende krystallisirt in weißen, geraden rhombischen oder sechsseitigen Säulen von ungleichen Dimensionen, welche Demantglanz zeigen. Das künstliche durch Sublimation erhaltene, bildet weiße, glänzende Nadeln, das auf nassem Wege durch Fällung des salpetersauren Antimonoxydes mittels vielen Wassers bereitete, zeigt sich als ein gelblich oder graulich weißes Pulver, das geschmacklos und im Wasser unlöslich ist. Es wird beim Erhitzen gelb, schmilzt leicht in schwacher Rothglühhitze und erstarrt, sobald es erkaltet zu einer grauweißen, strahlig-krystallinischen, seidenglänzenden Masse, verflüchtigt sich bei höherer Temperatur in weißen geruchlosen Nebeln, und wirkt brechenerregend, daher es zur Bereitung des Brechweinsteins angewandt wird. Das Spießglanzglas erscheint als hyacinthrothe, durchsichtige, schwere, spröde, glasähnliche Substanz, die sich übrigens wie das reine Oxyd verhält. Mit Säuren bildet das Antimonoxyd die Antimonoxydsalze, farblose oder blaßgelbe, größtentheils im Wasser lösliche Körper, welche durch viel Wasser in saure und basische Salze zerlegt, durch Hydrothionsäure braunroth oder orange, und durch Zink, Kadmium und Eisen metallisch gefällt werden. Auch sie wirken brechenerregend. Die zweite Oxydationsstufe des Spießglanzes, antimonichte Säure, wird im unreinen Zustande Spießglanzasche genannt, ein aschgraues Pulver, welches sich bei raschem Feuer zu Spießglanzglas zusammen schmelzen läßt. Die reine antimonichte Säure ist dagegen ein weißes Pulver, welches beim Erhitzen vorübergehend gelb wird, ohne jedoch zu schmelzen, oder sich zu verflüchtigen, ist geschmacklos, unauflöslich im Wasser, mit welchem sie ein Hydrat bildet, und röthet das Lakmus nicht. Die dritte Verbindung des Spießglanzes mit Sauerstoff, die Antimonsäure, rein zuerst von Berzelius 1811 dargestellt, in der Natur als Antimonocker vorkommend, erscheint als ein strohgelbes oder blaßcitrongelbes, durch Erhitzung, ohne zu schmelzen, dunkelorange sich färbendes Pulver, welches geschmacklos, im Wasser unlöslich, das Lakmus nicht röthend, und unschmelzbar ist. Mit Wasser bildet es Antimonsäurehydrat, und mit den Basen, zu welchen die Antimonsäure übrigens nur geringe Verwandtschaft zeigt, die antimonsauren Salze, von denen die antimonsauren Alkalien bei vorherrschenden Säuren in Wasser unlöslich, die neutralen und basischen aber zum Theil löslich sind, zum Theil in der Hitze verglimmen, und sich dann schwer zerlegen lassen. — Eine Verbindung des Spießglanzes mit Stickstoff ist das basisch salpeters. Antimonoxyd, ein graulich weißes, fast geschmackloses im Wasser unlösliches Pulver. Mit Chlor geht nach Rose das Antimon zwei Verbindungen ein, einfaches Chlorantimon (anderthalb Chlorantimon, Spießglanzbutter, Spießglanzöl) und doppeltes Chlorantimon (Antimonchlorid, Antimonsuperchlorid). Zu dem einfachen Chlorantimon gehören als Unterabtheilungen noch das salzs. Antimonoxyd und das basisch-salzs. Antimonoxyd (Algarothpulver, englisches Pulver, Lebensmerkur). Einfaches Chlorantimon ist eine

bei gewöhnlicher Temperatur feste, weiße, strahlig krystallinische Masse, welche durch langsames Auflösen in sehr wenig Wasser zum Theil in wasserhellen vierseitige Säulen bildenden Krystallen anschießt, leicht schmelzbar, sehr flüssig ist, an der Luft, besonders bei Erwärmung dicke, weiße Nebel ausstößt, unangenehm scharf riecht, und ätzend wirkt. An der Luft zerfließt diese Masse und wird, selbst ohne Erwärmung durch wenig Wasser in eine milchige Flüssigkeit, einfach salzs. Antimonoxyd verwandelt. Das basisch salzs. Spießglanzoxyd ist ein weißes, eckelhaft metallisch schmeckendes, brechenerregendes Pulver, welches sich in reinem Wasser schwer auflöst. Das doppelte Chlorantimon tritt als farblose oder gelbliche höchst widrig riechende ätzende Flüssigkeit auf, die an der Luft stark raucht, eine weiße Masse bildet, in welcher Kryställe anschießen; mit wenig Wasser vermischt, erstarrt sie zu einer dicklichen, krystallinischen, butterartigen Substanz, salzs. Antimonsäure. Mit Jod verbindet sich das Antimon schon durch bloßes Zusammenreiben; schneller bei Erhitzung. Das Jodantimon ist eine rothbraune, krystallinische, nach dem Zerreiben zinnoberrothe Masse, die, leicht schmelzbar und flüchtig ist, durch Wasser vollständig zerlegt wird. — Mit dem Schwefel bildet das Antimon, wie mit dem Sauerstoff hauptsächlich drei Verbindungen, einfach, anderthalb u. doppelt Schwefelantimon, von welchen die erste und die letzte officinell sind. Das einfache Schwefelantimon (Schwefelspießglanz, rohes Antimon) als Schwefelspießglanz schon den alten Griechen bekannt, findet sich natürlich als Grauspießglanzerz, welches zur Darstellung des reinen Schwefelantimons nur ausgeschmolzen zu werden braucht. Künstlich erhält man es nach neuesten Vorschriften durch Zusammenschmelzen von 20 Theilen käuflichen Antimon mit 11 Theilen Schwefel. Das natürliche findet sich bisweilen in rhombischen Octaedern und deren Abänderungen krystallisirt, das künstliche erscheint als eine strahlig krystallinische Masse von hellbleigrauer Farbe und metallischem Glanz, die spröde u. leicht zu pulverisiren ist, ein schwarzgraues (das chemisch reine, nach Rose ein rothbraunes) Pulver gibt, geschmacklos, fast unlöslich im Wasser, leicht schmelzbar, im verschlossenen Raume unzerlegbar, und in der Hitze sehr schwer zu verflüchtigen ist. Das specif. Gewicht beträgt 4,6. Der einfache Schwefelantimonniederschlag mit Antimonoxyd (rother Spießglanzschwefel, Mineralkermes, Karthäuserpulver), welcher in der Natur jedoch wasserfrei als Rothspießglanzerz vorkommt, wurde schon von Glauber 1658 bereitet, und war seitdem Gegenstand häufiger Untersuchungen der Chemiker. Den schönsten erhält man nach Liebig, wenn man 4 Theile gepulverten Schwefelantimon mit 1 Theil wasserfreiem kohlensauren Natron zusammenschmilzt, dann die Masse nach dem Erkalten fein zerreibt, und in einer Lösung von 2 Theilen kristallisirtem kohlensauren Natron in 16 Theilen Wasser kocht, und heiß filtrirt. Der auf diese Weise bereitete Kermes ist ein schönes, braunrothes, lockeres, sammetartiges, aus glänzenden krystallinischen Theilchen bestehendes Pulver, das auf Papier gerieben einen rothen Strich gibt, geschmack- u. geruchlos ist und in sehr geringen Dosen brechenerregend wirkt.

durch kochendes Wasser wird er zerlegt, ist in Aetzammoniak sehr wenig, in Aetzkalilauge zum Theil löslich, und verliert durch Einwirkung von Salzsäure und verdünnter Weinsteinsäure etwas Antimonoxyd, ohne seine Farbe viel zu verändern. Man braucht ihn in der Medicin und Färberei. Doppelter Schwefelantimonniederschlag (zwei und ein halb Schwefelantimon, schwefelhaltiges hydrothionsaures Spießglanzoxyd, Spießglanzschwefel, Goldschwefel) schon von Basilius Valentinus im 15. Jahrh. erwähnt, von Glauber 1654 aus den Schlacken des mit Weinstein geschmolzenen Spießglanzkönigs bereitet, wird nach Berzelius am besten durch Zusammenschmelzen von 4 Th. einfach kohlensaurem Kali, 5 Th. Schwefelantimon, und 1 Th. Schwefel zu Spießglanzleber, und Auflösung der Masse in heißem Wasser dargestellt. Man erhält so ein leichtes, lockeres, lebhaft orangefarbenes Pulver, welches fast geschmack- und geruchlos, unlöslich in kaltem Wasser ist, und durch wässeriges Ammoniak, Kali oder Natron in der Wärme vollständig aufgelöst wird. Diese Auflösung benutzt man als schönes Rothgelb in der Färberei. Endlich das basisch schwefelsaure Antimonoxyd, ein grauweißes, schweres, fast geschmackloses und im Wasser unlösliches Pulver erhält man durch Auflösung von 2 Th. Antimonmetall in 3 Th. erhitzter concentrirter Schwefelsäure. — Es wird zur Bereitung von Antimonoxyd und Brechweinstein angewendet. — Mit Arsenik findet sich das Antimon theils natürlich verbunden, als Arsenikspießglanz, theils lassen sich beide Körper leicht zu einem spröden leichtflüssigen Gemisch, welches das Ansehn des Antimons hat, zusammenschmelzen. Ein Gemisch von gleichen Theilen Schwefel, Antimon und weißem Arsenik war früher unter dem Namen Pyrmesonstein, arsenikalischer Magnet, spießglanzhaltiger Arsenikrubin officinell. — Mit Kalium vereinigt sich das Antimon unter Feuerentwickelung leicht zu Antimonkalium, einer grauen, strahlig krystallinischen, metallisch glänzenden Masse, welche an der Luft schnell matt und schwarzgrau wird, dabei zu Pulver zerfällt und sich mit Kali bedeckt. Wirft man es ins Wasser, so entwickelt es rasch, bisweilen unter Erglühen, Wasserstoffgas, welches, wenn Arsenik im Antimon war, Arsenikwasserstoffgas enthält. Auch durch Glühen des Brechweinsteins in verschlossenen Gefäßen entsteht kohlenhaltiges Antimonkalium, welches sich an der Luft selbst entzündet. Von den übrigen Verbindungen des Antimons mit Kalium ist die in ihrer Anwendung wichtigste das saure atimonichte und antimonsaure Kali (gewaschenes schweißtreibendes Spießglanz). Man erhält es durch Verpuffung eines Gemenges von 4 Theilen Schwefelantimon mit 10 Theilen trockenen Salpeters, welches Gemenge so lange mit kochendem Wasser ausgewaschen wird, bis sich nichts mehr auflöst. Der Rückstand ist das schweißtreibende Spießglanz, ein weißes geschmackloses, in Wasser unlösliches, in Säuren sehr schwer auflösliches Pulver, welches erst in der Weißglühhitze schmilzt, und nicht brechenerregend wirkt. Außerdem sind noch zu nennen das Schwefelantimonkalium (Kalispießglanzleber), eine dunkelbraune oder schwarze alkalische Masse, die in kochendem Wasser lös-

lich ist, beim Erkalten Kermes fallen läßt, oder klar bleibt, je nachdem Antimon oder Schwefel vorwaltet, und der Spießglanzsafran, den man durch Verpuffung gleicher Theile Schwefelantimon und Salpeter erhält, ein mehr oder weniger hell oder dunkelbraungelbes oder rostfarbenes, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver. — Natrium verhält sich gegen das Antimon, wie Kalium. Von den hierher gehörigen Verbindungen ist vorzüglich zu nennen das schwefelhaltige hydrothionsaure Antimonoxydnatron (krystallisirtes Schwefelantimonnatrium). Es ist ein in wasserhellen Tetraedern zum Theil schief auf einander liegenden rhomboidalen Tafeln krystallisirendes, luftbeständiges Salz, von anfangs kühlendem, dann widerlich stechendem, metallisch schweflichtem Geschmack. Weingeist schlägt aus der wässerigen Lösung ein weißes Salz nieder, und färbt sich schnell gelb unter Ablagerung von weißlichen Flocken, die bald orangegelb werden. Endlich von den Verbindungen des Antimons mit Calcium verdient nur das Schwefelantimoncalcium, der im 18ten Jahrhundert von Hofmann entdeckte, und als Geheimmittel verkaufte, sogenannte Spießglanzkalk erwähnt zu werden. Man erhält ihn nach Hofmann durch Glühen eines innigen Gemenges von 3 Theilen Schwefelspießglanz, 4 Theilen Schwefel und 16 Theilen reinen Kalk in einem verschlossenen Tiegel, als ein weißgelbliches schwach nach Hydrothionsäure riechendes Pulver von scharfem, schweflichtem Geschmack, das sich übrigens wie andere Schwefellebern verhält.

Sprachgewölbe, Sprechsaal ist ein absichtlich so gebautes Gewölbe oder Saal, daß Worte, die an einem Orte leise gesprochen werden, an einem andern Orte gehört werden, während irgend wo anders im Saale stehende Personen sie nicht vernehmen. Das Gewölbe bei dem eine derartige Erscheinung auftreten soll, muß eine elliptische Gestalt haben, dann werden die von dem einen Brennpunkte ausgehenden Schallstrahlen in dem andern vernommen. Ein derartiges Zimmer befindet sich in der Sternwarte zu Paris. Aus dem Alterthume bekannt ist das Ohr des Dionys, eine in Fels gehauene Grotte zu Syrakus, in der man an einem Punkte alle auch die leisesten Worte vernimmt, welche in der Grotte gesprochen werden. Sie muß nach Kircher parabolisch gebaut sein, weil die Parabel alle mit ihrer Axe parallel einfallenden Strahlen im Brennpunkte sammelt.

Sprachrohr ist ein hohler abgekürzter Kegel, dessen kleinere Oeffnung der Sprechende vor den Mund nimmt, während er die größere Oeffnung derjenigen entfernt stehenden Person zuwendet, welche die Rede wahrnehmen soll, und die, wenn das Sprachrohr nicht angewendet würde, jene Worte nicht hören würde. Dieß einfache Instrument ist von Samuel Morland 1670 erfunden worden, und beruht einfach darauf, daß durch die Zurückwerfung der Schallstrahlen von den Wänden des Rohres die Töne mehr zusammen gehalten werden, als ohnedieß geschieht. Man hat mancherlei Verbesserungen mit dem Sprachrohre vornehmen wollen, die sich jedoch als nutzlos oder gar nach-

theilig erwiesen haben. Lambert hat gezeigt, daß die Form des abgekürzten Kegels, wo nicht die beste, doch eben so gut wie jede andere ist.*) Nach Munckes Versuchen, ist die größte Weite, bis zu welcher der Schall einer starken Stimme durch ein gutes Sprachrohr getragen werden kann, 18000 Fuß.

Springbrunnen oder Fontainen, werden die in der Natur vorkommenden oder künstlich hergestellten Vorrichtungen genannt, welche Wasser bis zu einer gewissen Höhe mit Ueberwindung der Schwere emportreiben, so daß es frei aus einer Oeffnung in einem Strahle oder in mehren Strahlen emporspringt. Bei jedem Springbrunnen kommt dreierlei in Betracht: das Reservoir, in dem sich das Wasser befindet und aus dem es abgeleitet wird, die Leitungsröhren, durch welche das Wasser bis zum Orte seiner Bestimmung gelangt, und endlich die Oeffnung, aus welcher das Wasser emporspringt. Es kommen bei den Springbrunnen daher alle diejenigen hydraulischen Gesetze in Betracht, welche sich auf das Ergießen der Flüssigkeiten aus Gefäßen, Fortleiten

---

*) Es sei (Fig. 286.) abcd der abgekürzte gerade Kegel, der als Sprachrohr dienen soll, dc die obere Oeffnung, an welche der Mund gebracht wird, gf die Länge der Axe und ad die Länge der Seitenlinie. Hier entsteht nun die Frage, wie groß müssen die Grundflächen im Durchmesser und wie groß die Länge der Axe sein, wenn das Sprachrohr dienen soll, die Worte einer stark hineinredenden Person bis auf eine verlangte Entfernung verständlich fortzupflanzen? Es schneide die verlängerte Seitenlinie ad des Kegels adbc seine Axe in dem Punkte e; so ist e die Spitze des ganzen Kegels, wovon der abgekürzte einen Theil ausmacht, und fea ist der halbe Winkel an der Spitze. Nach der Theorie muß nun der halbe Durchmesser fa der größern Grundfläche so groß sein, als die Länge ed der Seitenlinie des kleinern oben abgeschnittenen Kegels; die Oeffnung de aber kann im Durchmesser $1\frac{1}{2}$ Zoll groß gemacht werden, damit sie am Munde bequem anschließe. Wenn nun die Größe des Winkels an der Spitze, mithin auch seine Hälfte bekannt ist, und die Länge ea der Seitenlinie des ganzen Kegels, so kann der halbe Durchmesser fa der größern Grundfläche trigonometrisch gefunden werden; man hat nämlich $\sin. \text{tot.} : \sin. fea = ea : fa$. Eben so groß muß ed sein und diese Länge ed von ea abgezogen, gibt die Länge ad der Seitenlinie des abgekürzten Kegels, der als Sprachrohr dienen soll. Lambert schließt aus der Theorie noch folgende Regeln, um den Winkel an der Spitze und die Länge der Seitenlinie ea zu finden: — 1) Man dividire die Quadratwurzel aus der Zahl 2 mit einem Quotienten, der gefunden wird, wenn man die Entfernung, auf welche durchs Sprachrohr deutlich geredet werden soll, durch die Entfernung, auf welche die ins Rohr sprechende Person ohne dasselbe verständlich gehört werden kann, dividirt; man hat alsdann die Länge eines Bogens für den Halbmesser $= 1$, der das Maß des halben Winkels fea an der Spitze abgibt. — 2) Man quadrire den unter 1) angeführten Quotienten und nehme $\frac{2}{3}$ von ihrer Qua-

derselben in Röhren und Ausströmen derselben aus Oeffnungen und darüber angebrachten Aufsatzröhren beziehen, um so mehr, da zu den Springbrunnen im Allgemeinen eine Menge hydraulischer Vorrichtungen gehören, welche häufig nicht zu ihnen gerechnet werden. Es ist daher zweckmäßig, bei dieser Gelegenheit jene Gesetze im Allgemeinen zu erörtern, bei welcher Erörterung ich Pouillet zum Führer nehme.

Die Wände der Gefäße, welche Flüssigkeiten enthalten, erleiden im Allgemeinen einen doppelten Druck: einen, welcher von innen nach außen wirkt, und die Wände zurückdrängt, und einen andern, welcher von außen nach innen wirkt, und die Wände einzudrücken strebt. Der erste ist die Folge des Druckes der Flüssigkeitssäule, welche sich über dem Punkte der Wand erhebt, welchen man in Betrachtung zieht und des Gewichtes, unter welchem diese Säule selbst stehen kann; der zweite ist der Druck der Atmosphäre, oder im Allgemeinen der Druck des das Gefäß umgebenden Mittels. Bohrt man in die Seitenwand oder in den Boden des Gefäßes eine Oeffnung, so ist die Bedingung, unter welcher die Flüssigkeit ausläuft, diese: daß der innere Druck, welcher das Ausfließen zu bewirken strebt, größer sei, als der äußere Druck, welcher dasselbe zu hindern strebt. Man kann diese an sich klare Bedingung noch durch den Versuch nachweisen. Nimmt man ein oben offenes, unten geschlossenes, am besten röhrenförmiges Gefäß, füllt es ganz mit Wasser und bedeckt seine Mündung mit Papier (welches man,

---

dratzahl, so hat man die Länge ca der Seitenlinie in Zollen, alsdann kann, wie vorhin angeführt ist, af = cd, und daraus ferner ad gefunden werden.

Exempel. Die größte Entfernung, auf welche die Worte einer stark redenden Person verständlich gehört werden können, betrage etwa 400 Fuß, soll nun das Sprachrohr die hineingeredeten Worte auf 5000 Fuß weit verständlich fortpflanzen, so ist der unter 1) angeführte Quotient $= \frac{5000}{400} =$ $12\frac{1}{2}$. Ferner ist $\sqrt{2} = 1{,}414213$, und diese Zahl nach 1) mit 12,5 dividirt, gibt 0,11313 für die Länge des mit dem Halbmesser = 1 beschriebenen Bogens, der das Maß des Winkels fca abgibt. Weil dieser Winkel nun klein ist, so ist der Sinus von diesem Bogen nur bis auf eine nicht zu achtende Kleinigkeit verschieden und man findet gleich fa, wenn man ca mit der Zahl 0,11313 multiplicirt. Ferner ist von 12,5 die Quadratzahl 156,25, und hiervon $\frac{3}{8}$ genommen, gibt die Länge ca von 58,6 Zollen. Wird diese nun weiter mit 0,11313 multiplicirt, so findet man fa, oder cd = 6,6 Zoll, und dieser von 58,6 Zoll abgezogen, geben die Länge von da von 52 Zollen oder 4 Fuß 4 Zoll. Dieses Sprachrohr vergrößert die Entfernung, in welcher die Worte einer laut redenden Person verständlich gehört werden können, $12\frac{1}{2}$ Mal. Wäre die Stimme der Person nicht stark genug, um sie auf 400 Fuß weit noch verständlich zu hören, so würde man diese Person durch dieses Sprachrohr auch nicht in der Entfernung von 5000 F. verstehen.

damit es genauer sich anlegt, auf der einen Seite etwas befeuchten kan), drückt dann ein ebenes Bretchen auf das Papier, dreht das Gefäß um, und nimmt das Bretchen weg, so fällt das Wasser nicht heraus, wenn nicht das Gefäß eine Höhe von 32 Fuß, oder, wenn man statt des Wassers Quecksilbers nahm, von 28 Zoll hat, denn der Luftdruck wirkt gegen die Mündung, und ist stärker als die Schwere der Flüssigkeitssäule, so lange jene Grenzen nicht überstiegen werden (vergl. d. Art. Atmosphäre und Barometer). Bedient man sich einer Röhre von sehr enger Mündung, so kann man selbst die Zwischenlage von Papier entbehren, denn diese dient eigentlich nur um eine horizontale Ebene der Flüssigkeit zu erhalten, damit durch die unvermeidlichen Schwankungen des Gefäßes das Wasser nicht erschüttert werde. Ergießt sich eine Flüssigkeitssäule, so wird sich der Luftdruck, wenn die Säule einige Ausdehnung besitzt, dadurch äußern, daß die Luft in die Oeffnung zu dringen strebt und dadurch die ausströmende Flüssigkeitssäule in ihrer Gestalt verändert, theilt. Wie groß die Ausdehnung sein müsse, um dieses Phänomen zu erzeugen, hängt ab von der Intensität des Druckes, von der Beschaffenheit der Flüssigkeit und auch von der Beschaffenheit der Wand; aber im Allgemeinen theilen sich die Flüssigkeitssäulen, welche eine geringere Dicke als 1 Millimeter haben, niemals. Wir werden im Folgenden nur den aus einem Ueberschusse des Druckes sich ergebenden Ausfluß u. nicht den unregelmäßigen Ausfluß betrachten, welcher bei der Theilung der Flüssigkeitssäule erfolgt. Um die mathematischen Gesetze des Ausflusses der Flüssigkeiten zu bestimmen, nimmt man im Allgemeinen die Hypothese von dem Parallelismus der Schichten an. Man nimmt nämlich an, in einer dünnen horizontalen oder Seiten-Wand befindet sich eine Oeffnung, die gegen die Dimensionen des Gefäßes sehr klein sei, und man setzt den Fall, daß während des Ausflusses alle flüssigen Bestandtheilchen (Molecules), aus denen eine sehr dünne horizontale Schicht besteht, mit derselben Geschwindigkeit begabt sind, daß sie zusammen herabgehen, ohne sich von einander zu trennen, indem sie sich gewissermaßen auf die verschiedenen Durchschnitte des Gefäßes gießen, um eine dünnere oder dickere Schicht zu bilden, je nachdem der Schnitt durch den sie hindurch gehen, weiter oder enger ist. Nach dieser Hypothese berechnet man die Geschwindigkeit, welche die Bestandtheilchen beim Durchgange durch die Oeffnung annehmen müssen. Cauchy stellt die Hypothese von der Permanenz der Flüssigkeitsstrahlen auf, d. h. er nimmt an, daß wenn die Regelmäßigkeit des Ausflusses hergestellt ist, alle Bestandtheilchen, welche von demselben Punkte des Niveau ausgehen, dieselbe Curve beschreiben müssen, um zur Oeffnung zu gelangen, und daß sie ausgehend von denselben Punkten immer dieselbe Geschwindigkeit haben. In allen Fällen ist der Druck, welcher gegen die Mündung ausgeübt wird, selbst veränderlich, so wie das obere Niveau veränderlich ist, und die Folgen sind veränderliche Geschwindigkeiten. Der einfachste Ausfluß, welchen man in Betrachtung ziehen kann, ist derjenige, welcher unter constantem (gleichbleibendem) Drucke erfolgt. Um constanten Druck zu bewirken, gibt es im Allgemeinen namentlich drei Mittel. Das erste, die Ueber-

füllung, kann auf verschiedene Weisen erreicht werden, unter denen folgende die einfachste und genaueste zu sein scheint. R (Fig. 287.) ist ein Behälter, s ein Ventil, welches sich mehr oder weniger hebt, t eine Röhre, cc′ ein Kasten und o die Oeffnung, durch welche die Flüssigkeit ausfließt. Man läßt so viel Wasser durch das Ventil s eintreten, als durch die Oeffnung o ausfließt. Das Niveau erhält sich genau in der Höhe nn′; die Röhre t und der Kasten cc′ sind bestimmt, die Aufregung zu verhindern, welche das Wasser durch seinen Fall erzeugen könnte, den die schwächsten Bewegungen, selbst auf der oberen Oberfläche können von Einfluß auf die Ausströmung sein. Das zweite der Mittel, von denen gesprochen wurde, ist Prony's Schwimmer. ABCD (Fig. 288. u. 289.) ist eine große rechtwinklige Küpe, die durch die beiden kleinen Scheidewände cc′ in drei Abtheilungen C, C′, C^2 zerlegt ist. Das Niveau des Wassers geht über diese Scheidewände hinweg; F und F sind die Gefäße, aus denen der Schwimmer besteht; jedes von ihnen taucht in eine der äußersten Abtheilungen, und dient, das Wasser in die mittlere Abtheilung überzutreiben, welche das ausfließende Wasser hergibt; ll ist eine große Metallplatte, in welcher die Oeffnungen und Aufsätze angebracht sind, durch welche man die Flüssigkeit hindurch gehen lassen will. Man sieht sie Fig. 288. von vorn, Fig. 289. von der Seite. Die Gefäße F, F, des Schwimmers bestehen aus sehr dünnem Kupferblech; ihre Wände sind durch kleine eiserne Stäbe t gesteift, welche an die größern Stangen T befestigt sind. Diese bilden einen durch den Schwimmer getragenes Rechteck u. tragen ein Gefäß V, welches unter der Küpe hingeht, und einen Trichter er, welcher bestimmt ist, die Produkte des Ausflusses in das Gefäß zu führen. Ist das Gleichgewicht hergestellt, und nimmt man 10 Kilogrammes Wasser aus dem Innern der Küpe, so senkt sich das Niveau um eine gewisse Quantität, wird aber dasselbe Gewicht von 10 Kilogrammes in den Schwimmer gebracht, entweder oben in die Gefäße F, F, oder unten in das Gefäß V, so wird das Niveau genau auf denselben Punkt zurückgeführt; denn der Schwimmer, welcher um 10 Kilogrammes schwerer geworden, wird 10 Kilogrammes Wassers mehr aus der Stelle drängen, und wird daher, indem er sich einsenkt, dieselbe Wirkung hervorbringen, wie wenn man in die Küpe die 10 Kilogrammes Wasser wieder eingebracht hätte, die man heraus genommen. Um während des Ausflusses fortwährend dasselbe Niveau zu haben, kommt es allein darauf an, den Schwimmer in jedem Augenblicke mit einem Gewichte zu belasten, welches demjenigen gleich ist, das durch die Mündung ausfließt. Genau geschieht dieß aber durch den Trichter er, indem dieser alles aus der Küpe tretende Wasser in das Gefäß V führt. Allerdings übt diejenige Flüssigkeit, welche zwischen der Oeffnung und dem Trichter unterweges ist, noch keinen Druck zur Herstellung des Niveau's aus, aber man kann die hieraus erwachsende Differenz leicht in Rechnung bringen. Das dritte Mittel zur Erzeugung eines constanten Druckes ist endlich das Mariottesche Gefäß. Fig. 290. 291. u. 292. stellt diesen Apparat dar. t ist eine Röhre, welche in dem Stöpsel des Halses b der Flasche verschoben werden

kann, und deren unteres Ende abwechselnd entweder bis zu dem Punkte p unter dem Niveau nv der Seitenöffnung gesenkt, oder bis zum Punkte h oberhalb dieses Niveaus gehoben wird. Die Seitenöffnung ist hinreichend eng, daß sich die Flüssigkeitssäule nicht theilen kann. Befindet sich die Röhre in p (Fig. 290.) und ist sie, so wie die Flasche mit Wasser gefüllt, so ist klar, daß die Flüssigkeit durch die Seitenöffnung v ausfließen muß; denn der innere Druck ist aus dem Druck der Atmosphäre, der gegen die obere Mündung der Röhre wirkt, u. aus dem Drucke zusammengesetzt, welcher von dem Gewichte der Flüssigkeitssäule sn herrührt, während der äußere Druck nur der Druck der Atmosphäre ist. Die Flüssigkeit ergießt sich in der That und das Niveau fällt schnell im Innern der Röhre von s bis n; dort bleibt es stehen und aller Ausfluß hört auf; das Gefäß bleibt voll, die Mündung v offen und doch entweicht kein Tropfen der Flüssigkeit. Da auf der ganzen Fläche der horizontalen Lage n′nv der Druck derselbe wie im Punkte n ist, d. h. ein Atmosphärendruck, so bleibt kein Ueberschuß des Druckes im Innern der Röhre über den äußerlichen Druck, durch welchen ein Ausfluß bewirkt werden könnte. Auf einer anderen Lage wie cc′ rührt der Druck nicht nur von dem Gewicht der Flüssigkeitssäule oberhalb her, sondern ist gleich Einem Atmosphärendruck, weniger der Säule c′n′. Jetzt schiebe man die Röhre bis zum Punkte h (Fig. 291.) empor; sogleich beginnt der Ausfluß wieder, Luftblasen bilden sich am unteren Ende der Röhre, schwellen auf, lösen sich und steigen fadenartig in den oberen Theil des Gefäßes. Der Ausfluß setzt sich in derselben Art mit constanter Geschwindigkeit fort, die ganze Zeit hindurch, während welcher das Niveau der Flüssigkeit von der Höhe des Gefäßes bis nach h herabsteigt; denn der Druck auf die Schicht n′nv ist dann aus dem atmosphärischen Druck, welcher in h wirkt und dem Drucke, welcher dem Gewicht der Säule hn entspricht, zusammengesetzt. Beide Drucke bleiben constant, so lange als das Niveau nicht bis h gefallen ist; von diesem Augenblicke an vermindert sich die Ausflußgeschwindigkeit immer mehr, bis sie völlig Null wird, sobald das Niveau bis n gekommen. Das Mariottesche Gefäß kann unter sehr verschiedenen Gestalten vorgestellt werden, entweder mit einer Seitenöffnung für den Ausfluß, oder mit einer horizontalen Oeffnung, wie Fig. 292. zeigt. Bei einem Apparate, bei welchem die Ausflußbedingung erfüllt ist, wo die Hypothese vom Parallelismus der Schichten oder ununterbrochenem Flüssigkeitsstrahl Anwendung findet, und wo das Niveau durch eines der angeführten Mittel constant erhalten wird, wird das Gesetz des Ausflusses durch den Torricellischen Satz wie folgt ausgedrückt: „Die Bestandtheilchen (Molecules) haben bei ihrem Austritte aus der Mündung dieselbe Geschwindigkeit, als wenn sie frei im leeren Raume von einer Höhe gefallen wären, welche gleich der Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte der Oeffnung ist. Aus diesem Satz ergeben sich drei wichtige Folgerungen: 1) die Ausflußgeschwindigkeit hängt nur von der Tiefe der Oeffnung unter dem Niveau und keineswegs von der natürlichen Beschaffenheit der Flüssigkeit ab; denn alle Körper erlangen, wenn sie im leeren Raume von gleicher

Höhe fall n, dieselbe Geschwindigkeit. Quecksilber und Wasser (Fig. 293.) nehmen folglich dieselbe Geschwindigkeit an, wenn sie aus Oeffnungen fließen, welche gleich tief unter dem Niveau liegen. Und doch wird das Quecksilber durch einen bei weitem größeren Druck als das Wasser getrieben. Ist die Tiefe der Oeffnung z. B. 32 Fuß, so wird das Wasser nur durch den Druck von Einer Atmosphäre getrieben, während das Quecksilber durch einen Druck von $13\frac{1}{2}$ Atmosphären getrieben wird. 2) Für dieselbe Flüssigkeit verhalten sich die Ausflußgeschwindigkeiten wie die Quadratwurzeln der Tiefen der Oeffnungen unter dem Niveau; denn die Geschwindigkeiten der schweren Körper verhalten sich wie die Quadratwurzeln der Höhen, von denen sie herabgefallen sind. In einem Gefäße also, welches 100 F. Höhe hat, mache man zwei Oeffnungen, die eine bei 1 F. Tiefe, die andere am Boden des Gefäßes bei 100 Fuß Tiefe, so wird die Geschwindigkeit derjenigen Flüssigkeit, welche aus der unteren Oeffnung ausfließt, nur 10mal größer sein, als die Geschwindigkeit der aus der oberen Oeffnung strömenden Flüssigkeit. Dennoch wird der zweite Druck 100mal größer als der erste sein. 3) Wenn der Druck, welcher gegen die Oberfläche der flüssigen Säule wirkt, größer ist als der äußere Druck, welcher dem Ausfluß Widerstand leistet, so wird dieser Ueberschuß des Druckes gleich sein dem Gewichte einer Säule von derselben Flüssigkeit von einer gewissen Höhe; und wird die Geschwindigkeit der Bestandtheilchen, welche ausfließen, dieselbe sein, wie wenn sie von der Höhe dieser zweiten Säule gefallen wären, von der man annehmen muß, daß sie über die erste gesetzt worden wäre. Das Gegentheil würde stattfinden, wenn der äußere Druck größer als der Druck auf die Oberfläche der Flüssigkeit wäre. Ehe wir zur Bestätigung des Torricellischen Satzes und der aus ihm sich ergebenden drei Folgerungen durch Versuche gehen, muß das interessante Phänomen der Zusammenziehung des Strahls erklärt werden. Nehmen wir an, die Flüssigkeit eines Gefäßes springe aus einer in eine dünne Wand gebohrten kreisförmigen Oeffnung. Der Flüssigkeitsstrahl wird senkrecht oder parabolisch sein, je nachdem die Oeffnung in den Boden des Gefäßes oder in eine Seitenwand gemacht worden; in beiden Fällen weiß man, daß er sich gewissermaßen nach der Gestalt der Oeffnung formt, und daß er sich auf eine ziemlich bedeutende Strecke ausdehnt, ehe er sich theilt und in einzelne Tropfen zerstreut. Zwischen der Wand und dem Punkte, wo die Theilung erfolgt, nimmt der Flüssigkeitsstrahl eine glatte Oberfläche und eine beständige Gestalt an; ohngeachtet der schnellen Bewegung der Bestandtheilchen, welche sich ununterbrochen folgen, bietet der Strahl den Anblick einer völlig unbeweglichen Krystallader dar. Hat z. B. die Oeffnung ein Centimeter Durchmesser, so ist diese Ader an ihrem Ursprunge von einem Durchmesser = 1 Centim., aber in einigen Millimetres Entfernung wird der Durchschnitt kleiner, und nimmt immer mehr ab, ohne bis zu einer gewissen Grenze die kreisrunde Form zu verlieren, wo sich der sogenannte Querschnitt des zusammengezogenen Strahles befindet; über diesen Punkt hinaus wird der Durchschnitt wieder größer bis zu dem Punkte, wo sich die Ader durch die Beschleuni-

gung der Schwere und durch die Gegenwart der Luft theilt. In den Fig. 294. u. 295. ist aa' der zusammengezogene Durchschnitt. Der Ausfluß aus großen Oeffnungen bietet auch die erwähnte Contractionserscheinung dar, aber nach einem anderen Maßstab und unter anderen sehr bemerkenswerthen Umständen. Um hiervon eine Vorstellung zu geben, mögen beispielsweise einige Beobachtungen von Poncelet und Lesbros Platz finden. Bei einem dieser Versuche geht der Strahl (die springende Ader) durch eine verticale Oeffnung, die durch eine dünne Wand gebohrt ist, Quadratform u. 20 Centim. Seite hat, und unter einer Belastung von 1_m,68 über der Basis der Oeffnung genommen ist. Die hierbei erhaltenen Resultate sind in den Figuren 296., 297., 298. und 299. Fig. 296. ist der Durchschnitt der Oeffnung, und die Fig. 297., 298. und 299. stellen die Durchschnitte des Strahles durch verticale der Oeffnung parallele Ebenen bei Distanzen von 20, 30 u. 40 Centimeter dar. Der Buchstabe H zeigt überall den oberen Theil des Strahles an. Vergleicht man zuerst Fig. 296. und Fig. 299., so erkennt man die Erscheinung der Umkehrung des Strahles, d. h. daß gegenüberstehend die Winkel der Oeffnung die Mitten der Seiten des Strahles sind, und gegentheils gegenüberstehend die Winkel des Strahles den Mitten der Seiten der Oeffnung entsprechen. Diese Umkehrung geht nicht plötzlich vor, sondern geschieht gradweise, wie man aus Fig. 297. und 298., den Durchschnitten bei 20 u. 30 Centimetres sieht. In einem geringen Abstande der Oeffnung verschwinden die Winkel des Quadrats, und werden durch kleine merklich ebene Facetten ersetzt, während die Seiten des Quadrats sich nach Innen einbiegen und etwas concav erscheinen, wenn man sie von außen betrachtet. In dem Maße, in welchem sich der Strahl von der Oeffnung entfernt, breiten sich die Facetten mehr und mehr aus und hohlen sich auch ihrerseits aus, während die Seiten (welche den Seiten der Oeffnung entsprechen) abnehmen, so daß bei 20 Centim. Abstand (Fig. 297.) der Schnitt des Strahles achteckig ist; seine 8 Seiten sind beinah gleich und gleichmäßig gegen den Mittelpunkt eingebogen; nur bemerkt man in B, am unteren Theile, eine besondere Unregelmäßigkeit: nämlich eine in der Mitte ausspringende Kante. Ueber 20 Centim. hinaus gehen diese Wirkungen in demselben Sinne: und bei 30 Centim. (Fig. 298.) sind die den Seiten der Oeffnung entsprechenden Flächen völlig verschwunden, die oberen und unteren haben sich abgerundet, und die zu beiden Seiten sind merkwürdig eingebogen. Bei 40 Centim. Abstand endlich sind die eben erwähnten krummen Flächen völlig verschwunden und der Durchschnitt des Strahles hat nur vier merklich gleiche und ein wenig nach innen gebogene Seiten. Ueber 40 Centim. hinaus bleibt diese Figur dieselbe, nur biegen sich die Seiten mehr ein und die Spitzen werden mehr vorspringend. Die größte Zusammenziehung, der Durchschnitt des zusammengezogenen Strahls, ist bei 30 Centim. (Fig. 298.); die Oberfläche dieses Schnittes ist 0,56 der Oberfläche der Oeffnung; d. h. der Zusammenziehungs-Coefficient für diesen Strahl ist 0,56. Wenn die Mündungen nicht kreisförmig sind, so liegen im Allgemeinen die Punkte der Oberfläche des Strah-

les, welche am nächsten der Axe sind, und welche den Schnitt des zusammengezogenen Strahles bilden, in einer Curve doppelter Krümmung. Mehre Physiker haben sich bemüht, direct oder indirect das Verhältniß zu bestimmen, welches zwischen dem zusammengezogenen Durchschnitt und dem Schnitte der Oeffnung besteht, und alle stimmen darin überein, daß bei Oeffnungen von nur einigen Centimetres Seite dieses Verhältniß zwischen 0,6 und 0,7 ist; d. h. daß das Minimum (der kleinste Theil) des Schnittes des Strahls nur 6 oder 7 Zehntheile der Oberfläche der Oeffnung beträgt. Dieses Verhältniß ist es, welches der Contractions- (Zusammenziehungs-) Coefficient heißt. Der Abstand des zusammengezogenen Schnittes von der inneren Fläche der Wand ist im Allgemeinen etwas größer als der Radius der Oeffnung, wenn diese klein ist; aber für größere Oeffnungen scheint sich der zusammengezogene Schnitt weiter zu entfernen. Diese Resultate sind beinah unabhängig von der Gestalt der Oeffnung und von dem Drucke, unter welchem die Flüssigkeit ausströmt. Nur bei denjenigen Oeffnungen, deren Durchmesser kleiner als 1 Centimeter, ist die Zusammenziehung kleiner als 0,7; wahrscheinlich darum, weil bei einer so kleinen Oeffnung der Durchmesser der Wand von Einfluß wird und daher eine Wirkung hervorgebracht wird, die der von Aufsätzen analog ist. (S. d. Folg.) Wenn der Druck über einer horizontalen Oeffnung nur sehr schwach ist, so erfolgt eine Zusammenziehung anderer Art (Fig. 300.); die Flüssigkeit füllt noch die Mündung, aber sie gleitet von den Wänden gegen die Mitte zu ab und bildet einen oft sehr kleinen Faden. Hachette bezeichnet dieß als einen secundären Strahl (Ader). Die Zusammenziehung des Strahles ist ein Resultat der Convergenz der verschiedenen Flüssigkeitsfäden, aus welchen derselbe zusammengesetzt ist. Wenn alle Bestandtheilchen sich der Mündung mit der Axe des Strahls parallelen Geschwindigkeiten darböten, so würde keine Zusammenziehung stattfinden, weil kein Grund vorhanden wäre, daß sie von der geraden Linie ihrer Bewegung abgelenkt würden. Die Theilung des Strahles bei einem gewissen Abstande von der Mündung wird nicht allein durch die Gegenwart der Luft erzeugt; sie findet auch im luftleeren Raume statt und ist eine Folge der Beschleunigung durch die Schwere. Zwei Bestandtheilchen (Molecules), welche man von demselben Punkte ausfallen ließe, das eine Eine Secunde nach dem anderen, würden im Augenblick, wo das zweite zu fallen begönne, 15 F. von einander entfernt sein (vergl. d. Art. Fall, freier); aber nach 3 Secunden würden sie 65 F. und nach einer Stunde 1785 F. von einander entfernt sein; genau dasselbe geschieht mit den verschiedenen Theilen der Flüssigkeit, welche den Strahl bilden. Zwei Bestandtheilchen folgen einander im Durchgange durch die Oeffnung und nach kurzer Zeit hat das erste einen merklichen Vorsprung vor dem zweiten gewonnen.

Prony's Apparat ist einer der bequemsten, welche man bis jetzt bei den genauen Versuchen über die Bewegungen der Flüssigkeiten angewendet hat. Um das erste Gesetz (den Torricellischen Satz) zu bewahrheiten, paßt man an die Platte (Fig. 288. u. 289.) eine in einer dünnen Wand angebrachte Oeffnung von bekannter Größe z. B. Ein

Centimeter, mißt die Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte der Oeffnung, und beobachtet während einer sehr genau bestimmten Zeit den Aufwand an Flüssigkeit. Ist dieser Aufwand bekannt und in Litres ausgedrückt, so kann man leicht die Anzahl L der Litres, welche in 1 Sec. ausgeflossen sind, bestimmen; dann kann man dieses Volumen als einen Cylinder betrachten, der durch die Oeffnung gegangen ist, ungefähr wie ein Draht durch das Zieheisen, und dessen Grundfläche mithin die Oberfläche S des zusammengezogenen Strahles ist, während seine Länge der in 1 Sec. durchlaufene Raum, d. h. die Ausflußgeschwindigkeit V ist. Hieraus folgt $SV = L$ oder $V = \frac{L}{S}$, welches die experimentelle oder wirkliche Geschwindigkeit ist. Von einer anderen Seite ist die theoretische Geschwindigkeit, welche sich aus dem Satze ergibt $V = \sqrt{2gh}$, indem h die Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte der Oeffnung ist. Von der Gleichheit dieser beiden Geschwindigkeiten hängt die Wahrheit des Torricellischen Satzes ab. Da es sehr schwierig ist, direct den Durchmesser des zusammengezogenen Strahls zu messen, um daraus seine Oberfläche S abzuleiten, so findet man im Allgemeinen kleine Differenzen; bald ist die wirkliche Geschwindigkeit größer als die theoretische, bald kleiner: aber für die kleinen Oeffnungen sind die beiden Resultate so nahe übereinstimmend, daß man nur den Werth von S ein wenig zu vergrößern oder zu verkleinern braucht, um sie völlig identisch zu machen; auf dieselbe Weise hat man den Werth der Zusammenziehung des Strahles bestimmt. In diesem Falle scheint also der Torricellische Satz richtig; er gibt die Geschwindigkeit der flüssigen Bestandtheilchen, welche ausströmen, aber nur die Geschwindigkeit, von welcher sie in dem Augenblicke beseelt sind, wo sie durch den zusammengezogenen Schnitt gehen; vor und nach diesem Augenblicke haben sie eine geringere Geschwindigkeit, weil der Schnitt des Strahles eine größere Oberfläche darbietet. In Bezug auf große Mündungen haben Poncelet und Lesbros mit großer Genauigkeit Messungen angestellt, sowohl im Betreff des zusammengezogenen Schnitts als des Aufwands in einer bestimmten Zeit; sie konnten daraus leicht mit Genauigkeit die wirkliche Geschwindigkeit ableiten und ihre Resultate beweisen, daß in diesem Falle der Torricellische Satz die Geschwindigkeit der Flüssigkeit im zusammengezogenen Schnitt nicht genau gibt. Man kann leicht sehen, wie die übrigen Ausflußgesetze mit Hilfe desselben Apparates erprobt werden können, und wie man auch nachweisen kann, daß die Krümmung des Strahles eine Parabel ist, deren Weite mit der Anfangsgeschwindigkeit zunimmt.

Man nennt Röhren von verschiedener Gestalt, oder krumme auf verschiedene Art durchbohrte Platten, welche auf Oeffnungen in dünnen Wänden gepaßt werden, um der ausfließenden Flüssigkeit einen Durchweg zu geben, Aufsätze, Aufsatzröhren. Der einfachste Aufsatz ist derjenige, welcher genau die Gestalt hat, welche der Strahl von der Oeffnung bis zum zusammengezogenen Schnitt annimmt. Wenn er mit Genauigkeit gearbeitet und seine innere Fläche wohl polirt ist,

so verändert er den Aufwand an Flüssigkeit nicht. Eine krumme, von einer Oeffnung durchbohrte Wand, gibt nicht denselben Aufwand wie eine ebene Wand, welche von einer gleichgroßen Oeffnung durchbohrt ist. Sie gibt einen größeren Aufwand, wenn ihre Hohlung nach innen gekehrt ist (Fig. 301.) und einen geringeren Aufwand, wenn dieselbe nach außen gekehrt ist (Fig. 302.). Bei den cylindrischen Aufsätzen von demselben Durchmesser wie die Mündungen in dünnen Wänden, an welche sie angebracht sind, tritt eine eigene Erscheinung auf: bald bleibt der Strahl frei und geht durch den Aufsatz ohne ihn zu berühren, bald erfüllt er die Aufsatzröhre ganz. In dem ersten Falle hat die Gegenwart des Aufsatzes keinen Einfluß weder auf die Geschwindigkeit noch auf den Aufwand; er kann keine Wirkung erzeugen, weil er keinen Berührungspunkt mit der Flüssigkeit hat. In dem zweiten Falle bewirkt die Anhaftung, welche zwischen der Oberfläche des Strahls und den Wänden des Aufsatzes eintritt, eine Vermehrung der Geschwindigkeit und des Aufwandes. Der Aufwand im ersten Falle verhält sich zu dem im zweiten wie 100 : 133, immer vorausgesetzt, daß der Durchmesser des Aufsatzes ungefähr $\frac{1}{4}$ seiner Länge sei. Diese Erscheinung hängt von mehren Ursachen ab, vorzüglich vom Drucke. Unter schwachen Beladungen wird der Strahl stets adhäriren, selbst dann, wenn der Aufsatz sehr kurz ist; unter starken Drucken bleibt der Strahl frei; und unter mittleren Drucken kann man nach Belieben den Ausfluß mit freiem oder mit adhärirendem Strahl bewirken; ein leichtes Hinderniß bewirkt die Adhärenz, und ein geringer Stoß reicht oft hin, den Strahl von der Wand des Aufsatzes abzulösen und dessen freies Ausströmen zu bewirken. Findet Anhängung statt, so geschieht die Zusammenziehung des Strahls in dem Aufsatz, wie sie in der freien Luft geschehen würde (Fig. 303.); man kann sich davon überzeugen, wenn man den Versuch mit einer Glasröhre anstellt, oder wenn man dem Aufsatz selbst die Gestalt des zusammengezogenen Strahls gibt (Fig. 304.); mit dieser Verengung ist der Aufwand nach wie vorher 133. — Ein kegelförmiger Aufsatz kann einen noch größeren Aufwand geben; als ein cylindrischer. Man erhält, wie es scheint, den größtmöglichen Aufwand, wenn man zwei entgegengesetzte Kegelstücke nimmt (Fig. 305.), so daß $vv'ss'$ genau die Gestalt des Strahles erhält, daß $mn = 3om$ und $TT' = \frac{17}{8}ss'$. Bezeichnet man dann den Aufwand der Oeffnung mit 100, so erhebt sich der des Aufsatzes beinahe bis 150. Wenn es Aufsätze gibt, welche den Aufwand vermehren, so ist es sehr leicht auch solche zu construiren, welche ihn in einem sehr großen Verhältniß vermindern. Jede Bauchung in einem kegelförmigen oder cylindrischen Aufsatze bewirkt eine Verminderung der Geschwindigkeit. Die Zurückwerfungen, Wirbel, Stöße der bewegten Bestandtheilchen an entgegengesetzten Bewegungen, machen die Erscheinung sehr verwickelt und haben als letztes Resultat eine große Verminderung des Aufwandes. Die Krampfadern können zu den Bauchungen dieser Art gerechnet werden, und wenn es schwer ist, ihren Einfluß auf das Leben vollständig zu entwickeln, so ist es wenigstens erlaubt zu

schließen, daß in allen Fällen die Circulation des Blutes durch sie verhindert wird. Namentlich den Untersuchungen von Bossut, Dubuat, Venturi, Prony, Hachette verdanken wir die neuesten Resultate über die Bewegung der Flüssigkeiten sowohl durch die Oeffnungen in dünnen Wänden, als durch Aufsatzröhren. Als Einheit des Maßes für fließende Wässer nimmt man den Wasserzoll, d. h. diejenige Quantität Wasser, welche in einer Minute durch eine kreisförmige Oeffnung in einer dünnen verticalen Wand von ein Zoll Durchmesser fließt, und zwar mit einer Druckhöhe von 7 Linien über dem Mittelpunkt der Oeffnung. Das letzte erfordert, daß das Wasser 8 Linien hoch über dem Niveau dieses Mittelpunktes an den von dem Orte des Ausflusses entferntesten Stellen der Oberfläche stehe, weil sich das Wasser dem Ausflusse zunächst etwas senkt, welches unter den angegebenen Verhältnissen 1 Lin. gerechnet werden kann. Das Volumen Wasser, welches unter den angegebenen Umständen ausfließt, beträgt 14 Pinten altes par. Maß oder 672 par. Cub. Zoll in der Min. (28 Pfund); 19,2 Cub. Met. in 24 Stunden. Ein halber Wasserzoll ist die unter denselben Umständen, aber bei einer Oeffnung von $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser ausfließende Wassermenge; woraus folgt, daß sowohl im Volumen als in der Quantität der halbe Wasserzoll in Wahrheit $\frac{1}{4}$ des ganzen Zolls ist; denn unter demselben Drucke gibt eine Oeffnung von dem halben Durchmesser nur den vierten Theil des Aufwandes. Eine Wasserlinie ist aus demselben Grunde nur $\frac{1}{144}$ des Zolls oder $\frac{19,2}{144}$ Cub. Met. in 24 Stunden. *)

Es gibt springende Wasserstrahlen, welche sich vertical von unten nach oben erheben, und andere, welche sich in Wassergarben erheben, nach Parabeln von verschiedener Weite. Die Oeffnungen, welche die verticalen Strahlen erzeugen, sind in horizontale Wände gebohrt und die in parabolischen Strahlen aufsteigenden sind in Wände gebohrt, welche mannigfaltig geneigt sein können. In allen Fällen ist die Richtung des Wurfes durch die Schwere erzeugt, welche immer vertical wirkt, und durch den Druck oder die treibende Kraft, welche stets senkrecht gegen die Wand ist. Da nach dem Torricellischen Satze die Bestandtheilchen der Flüssigkeit an der Oeffnung dieselbe Geschwin-

*) Pouillet bemerkt hierbei, daß aus dem über die Aufsatzröhren Gesagten erhelle, daß jemand, der die Bewilligung einer gewissen Quantität Wasser (aus einer öffentlichen Wasserleitung) erhält, und dem nur die Größe der Mündung angegeben wird, aus der angegebenen Mündung eine $1\frac{1}{2}$ mal größere Quantität Wasser ziehen könne. Er braucht sich nämlich nur eines doppelkegelförmigen Aufsatzes zu bedienen, wie er oben beschrieben und Figur 305. abgebildet ist; dann erhält er 150 Maß Wasser wo er mit einer einfachen runden Oeffnung nur 100 erhalten hätte. In derartigen Concessionen muß folglich nicht nur der Durchmesser der Oeffnung angegeben werden, sondern auch die Art der anzuwendenden Aufsatzröhre.

digkeit haben, wie wenn sie von einer Höhe gleich der Höhe des Niveau der Flüssigkeit im Behälter gefallen wären, so sieht man, daß diese Geschwindigkeit in der Richtung von unten nach oben gerade im Stande wäre, alle Bestandtheilchen bis zu der Höhe hinaufzutreiben, von welcher sie herabgekommen. Die Höhe des verticalen Strahls würde daher immer gleich sein der Erhebung des Niveau über die Mündung. Aber es gibt mehre Ursachen, welche die springenden Wasser verhindern, diese aus der Theorie sich ergebende Höhe zu erreichen; dieselben erleiden Reibungen gegen die Wände der Röhren, welche sie von dem ersten Behälter bis zu der Mündung führen und gegen die Mündung selbst, an deren Wänden sie mit großer Geschwindigkeit hinstreichen; sie erfahren den Widerstand der atmosphärischen Luft und endlich fallen die Wasserth. von dem höchsten Punkte des Strahls zurück auf die aufsteigenden Wasserth. u. hindern ihre Bewegung. Um alle diese Widerstände auf ihre kleinsten Werthe zu reduciren, beobachtet man in der Praxis folgende Regeln: 1) Man gibt den Leitungsröhren einen Durchmesser, der von ihrer Länge, von der Größe der Mündung und der Höhe des Wasserbehälters abhängt. Der Durchmesser kann nach den sogleich über die Leitungsröhren anzugebenden Formeln berechnet werden. Man trifft die Einrichtung, daß die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren höchstens 2 oder 3 Centimeter in der Secunde ist. 2) Man macht die Mündung kreisförmig und bohrt sie in eine dünne Wand in eine Scheibe, das Plättchen. Will man die Röhre nicht umbiegen, so ist das Plättchen an dem Ende derselben befestigt, so daß es einen Theil der oberen Seitenwand der Röhre bildet. Ist man genöthigt die Röhre umzubiegen, so biegt man sie nach oben, indem man sie abrundet und das Plättchen bildet dann das Ende. Das Plättchen ist entweder eben oder kappenartig convex, je nachdem man einen verticalen Strahl oder eine aus mehren parabolischen Strahlen bestehende Garbe haben will. Jeder Aufsatz, er mag cylindrisch oder conisch sein, gibt einen weniger hohen Strahl als die Oeffnungen in dünnen Wänden. Sind diese Bedingungen erfüllt, so nimmt man nach den Versuchen von Mariotte an, daß der Strahl sich bis zur Höhe von 5 Fuß erhebt, bei einer Höhe des Wasserbehälters von 5 F. 1 Z., und daß man im Allgemeinen, um die Höhe des Behälters zu erhalten, der Höhe H des Strahles, in Fußen ausgedrückt $\left(\frac{H}{5}\right)^2$ Zolle zusetzen müssen. Ein Strahl von 100 F. Höhe setzt einen Behälter von 100 F. $+ \left(\frac{100}{5}\right)^2$ Z. $=$ 133 F. 4 Z. voraus.

Die Leitung des Wassers ist ein wichtiger Gegenstand der öffentlichen und industriellen Oekonomie, bietet aber zugleich der Wissenschaft viele Schwierigkeiten dar. Einige Centimeter mehr oder weniger im Durchmesser der Röhren, welche das Wasser in einer großen Stadt verbreiten, entsprechen einem Kapital von mehren Millionen, und man muß zugleich die doppelte Bedingung erfüllen: die Röhren so weit als nöthig zu ma-

chen, damit sie die erforderliche Menge Wasser liefern und so eng, daß sie den kleinstmöglichen Kostenaufwand verursachen. Man hat viele Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt, von denen nur diejenigen angeführt werden können, welche am nützlichsten und am leichtesten anwendbar sind. Prony hat folgende Formel für das Fließen des Wassers in Röhren aus Metallguß, mit denen die Leitungen hergestellt sind, gefunden: $U = 26{,}79 \sqrt{\frac{DH}{L}}$. Hierin bezeichnet D den Durchmesser der Röhre, L seine Länge, H die Höhe des Niveau des Wassers im Behälter über dem Ende der Röhre, durch welche das Wasser fließt. Wenn dieses Ende selbst untergetaucht wäre, so müßte man seine Tiefe unter dem Wasser in Abzug bringen. U ist die Geschwindigkeit des Wassers an der Mündung oder in der ganzen Länge der Röhre, welches dasselbe ist; denn man nimmt an, daß sie durchweg denselben Durchmesser habe. Die Einheit des Maßes für alle diese Größen sei das Meter. Um diese Formel anzuwenden, darf $\frac{D}{L}$ nicht größer als $\frac{1}{100}$ sein, d. h. die Länge der Röhre muß mindestens 100 mal größer als ihr Durchmesser sein; und der Durchmesser selbst darf nicht sehr klein sein. Wenn er nur einige Millimeter oder selbst 1 Centim. Durchmesser hätte, so würde die Formel ohne Zweifel zu große Resultate geben. Innerhalb dieser Grenzen ist sie von Prony mit großer Sorgfalt bestätigt worden, sie stimmt mit der Erfahrung bis zu einer Länge der Leitungen von 2280 Met. überein. Pouillet hat nach derselben eine Tafel berechnet, welche diejenigen Resultate enthält, welche am öftersten in Anwendung kommen dürften. Die erste verticale Reihe enthält die Werthe von H oder die Drucke, welche gegen die Ausflußmündung wirken; sie gehen steigend von 2 zu 2 Decimeter, von 2 Decimeter bis zu 10 Meter. Die erste horizontale Reihe enthält die Werthe von $\frac{D}{L}$ oder die Verhältnisse des Durchmessers der Röhre zu ihrer Länge; dieses Verhältniß geht wachsend von 5 zu 5 Zehntausendtheilen, von 1 Tausendtheil bis zu 1 Hunderttheil. Wo eine verticale und eine horizontale Reihe sich kreuzen, findet sich der Werth von U oder die Ausflußgeschwindigkeit, welche den Zahlen entspricht, welche die Ueberschriften der Reihen besagen. *)

*) Zwischenliegende Werthe lassen sich auf gewöhnliche Weise intercaliren.

	0,001	0,0015	0,002	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,005
0,2	0,379	0,464	0,536	0,599	0,656	0,709	0,758	0,804	0,847
0,4	0,536	0,656	0,758	0,847	0,928	1,002	1,072	1,137	1,198
0,6	0,656	0,804	0,928	1,038	1,137	1,228	1,312	1,392	1,467
0,8	0,758	0,928	1,072	1,198	1,312	1,418	1,515	1,607	1,694
1,0	0,847	1,038	1,019	1,340	1,467	1,585	1,694	1,797	1,894
1,2	0,928	1,137	1,312	1,467	1,607	1,736	1,856	1,969	2,075
1,4	1,002	1,228	1,418	1,585	1,736	1,875	2,005	2,126	2,241
1,6	1,072	1,312	1,515	1,694	1,856	2,005	2,143	2,273	2,396
1,8	1,137	1,392	1,607	1,797	1,969	2,126	2,273	2,411	2,542
2,0	1,198	1,467	1,694	1,894	2,075	2,241	2,396	2,542	2,679
2,2	1,256	1,539	1,777	1,987	2,176	2,351	2,513	2,666	2,810
2,4	1,312	1,607	1,856	2,075	2,273	2,455	2,625	2,784	2,935
2,6	1,366	1,673	1,932	2,160	2,366	2,556	2,732	2,898	3,055
2,8	1,418	1,736	2,005	2,241	2,455	2,652	2,835	3,007	3,170
3,0	1,467	1,797	2,075	2,320	2,542	2,745	2,935	3,113	3,281
3,2	1,515	1,856	2,143	2,396	2,625	2,845	3,031	3,215	3,389
3,4	1,562	1,913	2,209	2,470	2,706	2,922	3,124	3,314	3,493
3,6	1,607	1,969	2,273	2,542	2,784	3,007	3,215	3,410	3,594
3,8	1,651	2,023	2,335	2,611	2,860	3,089	3,303	3,503	3,693
4,0	1,694	2,075	2,396	2,679	2,935	3,170	3,389	3,594	3,789
4,2	1,736	2,126	2,455	2,745	3,007	3,248	3,472	3,683	3,882
4,4	1,777	2,176	2,513	2,810	3,078	3,325	3,554	3,770	3,974
4,6	1,817	2,225	2,570	2,873	3,147	3,399	3,634	3,854	4,063
4,8	1,856	2,273	2,625	2,935	3,215	3,472	3,712	3,937	4,150
5,0	1,894	2,320	2,679	2,995	3,281	3,544	3,789	4,018	4,236
5,2	1,932	2,366	2,732	3,055	3,346	3,614	3,864	4,098	4,320
5,4	1,969	2,411	2,784	3,113	3,410	3,683	3,937	4,176	4,402
5,6	2,005	2,455	2,835	3,170	3,472	3,751	4,010	4,253	4,483
5,8	2,040	2,499	2,885	3,226	3,534	3,817	4,081	4,328	4,562
6,0	2,075	2,542	2,935	3,281	3,594	3,882	4,150	4,402	4,640
6,2	2,109	2,584	2,983	3,335	3,654	3,946	4,219	4,475	4,717
6,4	2,143	2,625	3,031	3,389	3,712	4,010	4,286	4,546	4,792
6,6	2,176	2,666	3,078	3,441	3,770	4,072	4,353	4,617	4,867
6,8	2,209	2,706	3,124	3,493	3,826	4,133	4,418	4,686	4,940
7,0	2,241	2,745	3,170	3,544	3,882	4,193	4,483	4,755	5,012
7,2	2,273	2,784	3,215	3,594	3,937	4,253	4,546	4,822	5,083
7,4	2,305	2,823	3,259	3,644	3,992	4,311	4,609	4,889	5,153
7,6	2,335	2,860	3 303	3,693	4,045	4,369	4,671	4,954	5,222
7,8	2,366	2,898	3,346	3,741	4,098	4,426	4,732	5,019	5,291
8,0	2,397	2,935	3,389	3,789	4,150	4,483	4,792	5,083	5,358
8,2	2,426	2,971	3,431	3,836	4,202	4,539	4,852	5,146	5,425
8,4	2,455	3,007	3,472	3,882	4,253	4,594	4,911	5,209	5,490
8,6	2,484	3,043	3,513	3,928	4,303	4,648	4,969	5,270	5,555
8,8	2,513	3,078	3,554	3,974	4,353	4,702	5,026	5,331	5,620
9,0	2,542	3,113	3,594	4,018	4,402	4,755	5,083	5,391	5,683
9,2	2,570	3,147	3,634	4,063	4,451	4,807	5,139	5,451	5,746
9,4	2,597	3,181	3,673	4,107	4,499	4,859	5,195	5,510	5,808
9,6	2,625	3,215	3,712	4,150	4,546	4,911	5,250	5,568	5,869
9,8	2,652	3,248	3,751	4,193	4,594	4,962	5,304	5,626	5,930
10,0	2,679	3,281	3,789	4,236	4,640	5,012	5,358	5,683	5,990

0,0055	0,006	0,0065	0,007	0,0075	0,008	0,0085	0,009	0,0095	0,01
0,889	0,928	0,966	1,002	1,038	1,072	1,105	1,137	1,168	1,198
1,256	1,312	1,366	1,418	1,467	1,515	1,562	1,607	1,651	1,694
1,539	1,607	1,673	1,736	1,797	1,856	1,913	1,969	2,023	2,075
1,777	1,856	1,932	2,005	2,075	2,143	2,209	2,273	2,335	2,396
1,987	2,075	2,160	2,241	2,320	2,396	2,470	2,542	2,611	2,679
2,176	2,273	2,366	2,455	2,541	2,625	2,706	2,784	2,860	2,935
2,351	2,455	2,556	2,652	2,745	2,835	2,922	3,007	3,090	3,170
2,513	2,625	2,732	2,835	3,935	3,031	3,124	3,215	3,303	3,389
2,666	2,784	2,898	3,007	3,114	3,215	3,314	3,410	3,503	3,594
2.810	2,935	3,055	3,170	3,281	3,389	3,493	3,594	3,693	3,789
2,947	3,078	3,204	3,325	3,441	3,554	3,663	3,770	3,873	3,974
3,078	3,215	3,346	3,472	3,594	3,712	8.826	3,937	4,045	4,150
3,204	3,346	3,483	3,614	3,741	3,864	3,983	4,098	4,210	4,320
3,325	3,472	3,614	3,751	3,882	4,010	4,133	4,253	4,369	4,483
3,441	3,594	3,741	3,882	4,018	4,150	4,278	4,402	4,523	4,640
3,554	3,712	3,864	4,010	4,150	4,286	4.418	4,546	4,671	4,792
3,663	3,826	3,983	4,133	4,278	4,418	4.554	4,686	4,825	4,940
3,770	3,937	4,098	4,253	4,402	4,546	4,686	4.822	4,954	5,083
3,873	4,045	4,210	4,369	4,523	4.671	4,815	4,954	5,090	5,222
3,974	4,150	4,320	4,483	4,640	4,792	4,940	5,083	5,222	5,358
4.072	4,253	4,426	4,594	4,755	4,911	5,062	5,209	5,351	5,490
4,168	4,353	4,531	4,702	4,867	5,026	5,181	5,331	5,477	5,620
4,261	4,451	4,632	4,807	4,976	5,139	5,297	5,451	5,600	5,746
4,353	4,546	4,732	4,911	5,083	5.250	5,411	5,568	5,721	5,869
4,443	4,640	4,830	5,012	5,188	5,358	5,523	5,683	5,839	5,990
4,531	4,732	4,925	5,111	5,291	5,464	5,632	5,796	5,954	6,109
4,617	4,822	5,019	5,209	5,391	5,568	5,740	5,906	6,068	6,225
4,702	4,911	5,111	5,304	5,490	5,670	5,845	6,014	6,179	6,340
4,785	4,998	5,202	5,398	5,587	5,771	5,948	6,121	6,289	6,452
4,867	5,083	5,291	5,490	5,683	5,869	6,050	6,225	6,396	6,562
4,947	5,167	5,378	5,581	5,777	5,966	6,150	6,328	6,502	6,671
5,026	5,250	5,464	5,670	5,869	6,062	6,248	6,429	6,606	6,777
5,104	5,331	5,549	5,758	5,960	6,156	6,345	6,529	6,708	6,882
5,181	5,411	5,632	5,845	6,050	6,248	6,441	6,627	6,809	6,986
5,257	5,490	5,715	5,930	6.138	6,340	6,535	6,724	6,908	7,088
5,331	5,568	5,796	6,014	6,225	6,430	6,627	6,820	7,006	7,189
5,405	5,645	5,870	6.097	6,311	6,518	6,719	6,914	7,103	7,288
5,477	5,721	5,954	6,179	6,396	6,606	6,809	7,006	7,198	7,385
5,549	5,796	6,032	6,260	6,480	6,692	6,898	7,098	7,293	7,482
5,620	5,869	6,109	6,340	6,562	6,777	6,986	7,189	7,385	7,577
5,689	5,942	6,185	6,418	6,644	6,862	7,073	7,278	7,477	7,671
5,758	6,014	6,260	6,496	6,724	6,945	7,158	7,366	7,568	7,764
5,826	6,086	6,334	6,573	6,804	7,027	7,243	7,453	7,657	7,856
5,894	6,156	6,407	6,649	6,882	7,108	7,327	7,539	7,746	7,947
5,960	6,225	6,480	6,724	6,960	7,189	7,410	7,625	7,833	8,037
6,026	6,294	6,551	6.779	7,037	7.268	7,492	7,709	7,920	8,126
6,091	6,362	6,622	6,872	7,113	7,347	7,573	7,792	8,006	8,214
6,156	6,430	6,692	6,945	7,189	7,424	7,653	7,875	8,090	8,301
6,220	6,496	6,761	7,017	7,263	7,501	7,732	7,956	8,174	8,387
6,283	6,562	6,830	7,088	7,337	7,577	7,811	8,037	8,257	8,472

Girard hat interessante Versuche über das Fließen der Flüssigkeiten in sehr dünnen Röhren angestellt, deren allgemeine Resultate folgende sind. Die Flüssigkeiten, welche die feste Substanz der Röhren nicht zu benetzen vermögen, hören unter einem mehr oder weniger bedeutendem Drucke auf zu fließen, je nach dem Durchmesser der Röhre und ihrer Länge. Unter einem Drucke von 9,^{mm}5 z. B. hat das Quecksilber in einer Glasröhre von 1,^{mm}12 Durchmesser und 357 Millimeter Länge aufgehört zu fließen. Die Summe der Widerstände, welche gegen die Wände ausgeübt werden, bei dieser Länge von 357 Millim. ist dann gleich der treibenden Kraft, welche sich aus einem Drucke von 9^{mm},5 ergibt. Es wäre von Wichtigkeit, das Gesetz dieser Erscheinung zu kennen. — Die Flüssigkeiten, welche die Röhren benetzen, fließen mit derselben Geschwindigkeit, das Ende der Röhre mag in eine Flüssigkeit derselben Art eingetaucht sein, wenn man den Druck in Rechnung zieht, oder dasselbe mag frei sein, so daß der Ausfluß in die Luft geschieht. In den benetzten Röhren beschleunigt die Erhöhung der Temperatur die Geschwindigkeit in merklichem Verhältnisse. Das Wasser, welches z. B. in einer Glasröhre von 1^{mm},767 Durchmesser und 939^{mm} Länge unter einem Drucke von 182^{mm} fließt, bewegt sich viermal geschwinder, wenn es nahe am seinem Siedepunkte sich befindet, als wenn es in der Nähe des Eispunktes ist. Die Temperatur der geringsten Geschwindigkeit ist die Temp. des Eises und nicht die Temp. des Maximums der Dichte. (Vergl. d. Art. Ausdehnung S. 110. ff.) In den Röhren, welche nicht benetzt werden können, wird die Geschwindigkeit durch die Temperaturerhöhung nicht beschleunigt. Unter gleichen Drucken und in Röhren von derselben Dimension, nehmen die verschiedenen Flüssigkeiten bei derselben Temperatur sehr verschiedene Geschwindigkeiten an; das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten variirt mit der Temperatur. Nach Dubuat, welcher zuerst den Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit beobachtete, hat Gerstner über diesen Gegenstand eine große Anzahl von Beobachtungen angestellt, aus denen er jedoch nicht ganz mit Recht schließt, daß die Wärme nur dadurch die Thätigkeit der Vegetation und des Lebens erhöht, weil sie die Circulation in den haarröhrchenähnlichen Gefäßen der Pflanzen und lebenden Körper begünstigt.*)

*) Bei dieser Gelegenheit mag auch der anatomischen Injectionen Erwähnung geschehen. Es gibt in der Organisation der lebenden Körper für die Circulation des Blutes oder anderer Flüssigkeiten so zahlreiche und zarte Gefäße, daß auch das geübteste Auge ihren Gang inmitten der Gewebe, durch welche sie sich verzweigen u. ins unendliche theilen, nicht zu verfolgen vermag. Um sie bemerklich zu machen, hat man seit langer Zeit das Verfahren eingeschlagen, verschiedene Substanzen zu injiciren (einzufüllen); bald flüssige und lebhaft gefärbte, bald Substanzen, welche durch die Abkühlung erstarren. Der bequemste Apparat zu diesen zarten Operationen ist der von Duméril. Es besteht aus einer langen verticalen Röhre von 1

Eine Flüssigkeit, welche in Aufsatzröhren oder Röhren fließt, übt stets gegen ihre Wände einen geringern Druck aus, als wenn sie in Ruhe wäre. Daniel Bernouilli drückt diesen Druck, welcher während der Bewegung statt findet, durch H — H′ aus. Um diese Formel zu verstehen, betrachten wir die wirkliche Geschwindigkeit, welche die flüssigen Bestandtheile in dem Schnitt perpendiculär auf die Axe der Röhre oder Aufsatzröhre, für welche man den Druck berechnen will, beseelt. Diese Geschwindigkeit kommt nach dem Torricellischen Satze von einer gewissen Höhe des Niveau, welche der Werth von H′ ist. Nehmen wir hierauf an, daß die Röhre nach demselben Schnitte durchgeschnitten sei, so daß derselbe offen bleibe und selbst zur Ausflußmündung werde, so wird die Flüssigkeit eine gewisse Geschwindigkeit annehmen und der Werth von H bezeichnet den Druck, welcher im Stande sein würde, sie hervor zu bringen. Dieser Werth von H ist nicht nothwendig gleich der wirklichen Höhe des Niveau über dem Mittelpunkte des Schnittes; er kann in Folge der Zusammenziehung etwas kleiner und in Folge des Einflusses der Aufsatzröhren etwas größer sein. Wenn H′ sich gleich H findet, so ist der Druck Null und die Wände erleiden durchaus keine Gewalt. Wenn H′ größer als H ist, so ist der Druck negativ, d. h. statt eines Druckes gegen die Wand der Röhre wird ein wirkliches Saugen ausgeübt. Die Versuche, durch welche man bis jetzt die Bernouillische Formel zu bestätigen gesucht hat, sind weder zahlreich noch genau genug, als daß man dieselbe mit völligem Vertrauen anwenden könnte. Die Erscheinung des Saugens jedoch, welches sie anzeigt, ist eine merkwürdige Thatsache, die keinem Zweifel unterliegt. Bernouilli selbst hat sie beobachtet, und namentlich Venturini und Hachette haben Untersuchungen über sie angestellt. Sie tritt unter folgenden Umständen auf. Wir haben gesehen, daß bei einer cylindrischen Aufsatzröhre, wenn der Strahl adhärirt, der Aufwand größer ist, als durch eine Oeffnung in einer dünnen Wand von demselben Durchmesser; die effective Geschwindigkeit ist also in diesem Falle größer als die theoretische, und folglich H′ größer als H; welches das Phänomen des Saugens erzeugen muß. In der That, durchbohrt man die Aufsatzröhre mit einer kleinen Seitenöffnung, um hier eine kleine

---

oder 2 Centimeter Durchmesser, welche als Reservoir dient; einer zweiten Röhre von einigen Millim. Durchmesser und einigen Centim. Länge, welche an das andere Ende der ersten angepaßt ist, um die Verbindung herzustellen, und aus einer Röhre von Gummi elasticum, welche am Ende der zweiten Röhre festsitzt und dient, den Strahl zu leiten; endlich aus einem kleinen Schnabel am Ende der Gummiröhre, der als eine Art Trichter dient, um die Flüssigkeit in die zartesten Gefäße zu leiten. Dieser kleine Schnabel ist eine an der Lampe ausgezogene Glasröhre. Der Druck wird durch die Höhe der Flüssigkeit in dem Reservoir bestimmt, und um die Ausflußgeschwindigkeit zu modificiren, braucht man nur die Gummiröhre zwischen den Fingern zu drücken.

gekrümmte Röhre wie xy (Fig. 287.) einzubringen, so steigt die Flüssigkeit im Innern der Röhre, und die Höhe der gehobenen Säule gibt das Maß des Zuges. Da der Aufwand noch größer ist bei einer doppeltkonischen Aufsatzröhre (Fig. 305.), deren Dimensionen oben angegeben wurden, so muß hier der Zug noch größer sein; das Maximum desselben muß bei ss' beim Schnitt des zusammengezogenen Strahles sein, und von dort ab muß er in dem Maße abnehmen, als man sich dem Ende TT' näherte. Die Versuche von Venturini haben dieß vollkommen bestätigt. Der Aufsatz (Fig. 305.) hatte 88 Lin. Länge, drei verticale Aufsteigeröhren mündeten, die erste bei 10 Lin. vom Anfange auf dem zusammengezogenen Schnitte, die zweite bei 36 Lin. u. die dritte bei 62 Lin., oder 26 Lin. vom Ende TT'. In der ersten stieg das Quecksilber bis 53 Lin., in der zweiten bis 20,5 Lin. und in der dritten nur bis 7 Lin. Diese Höhen entsprechen respective 62, 24 und 8 Wasserzoll. Die Wasserlast über der Aufsatzröhre war nur 32,5 Zoll; mithin hob die Saugekraft eine beinah doppelt so große Wassersäule, als die Höhe des Falls war. Ist die Röhre kurz genug, so ergießt sich die gehobene Wassersäule in die Aufsatzröhre, und mischt sich mit dem Wasser, welches aus dem Reservoir kommt, um den Ausfluß zu unterhalten. Venturini zeigte diesen Apparat als ein Mittel an, das Wasser mit geringen Kosten zu heben.

Gesetzt wir hätten ein Gefäß von cubischer Form, welches von sehr leicht beweglichen Rollen getragen würde, und auf einer horizontalen Ebene, die wenig Reibung darböte, ruhte. Das mit einer Flüssigkeit gefüllte Gefäß wird in Ruhe bleiben, weil alle Seitendrucke gleich und entgegengesetzt sind. Wenn man aber eine Wand durchbohrt, so daß die Flüssigkeit seitwärts heraus springt, so wird das Gefäß in entgegengesetzter Richtung zurück gestoßen werden. Diese Reaction hat man mit Hilfe eines Apparates bemerklich gemacht, welcher aus einer Glasröhre von einigen Millim. Durchmesser besteht, und dessen Enden man rechtwinklich u. nach entgegengesetzten Seiten umbeugt, so daß die ganze Röhre ungefähr die Gestalt eines Z annimmt. Die beiden Enden werden fein ausgezogen. In die Mitte dieser Röhre schmilzt man eine zweite, welche als Behälter dient und oben offen, unterwärts geschlossen ist. Hängt man nun den ganzen Apparat so an einem Faden auf, daß der Behälter senkrecht, die aus ihm auslaufenden Arme wagerecht stehen, und gießt Flüssigkeit in das Reservoir, so wird diese, indem sie aus den Spitzen der Arme ausläuft, den ganzen Apparat in eine der Richtung der Wasserstrahlen entgegengesetzte schnell drehende Bewegung setzen. Die gewöhnliche Einrichtung dieser Segnerschen hydraulischen Maschine oder Wasserrades ist Fig. 306. im Horizontaldurchschnitt dargestellt. ABCDEFG sei der Boden eines senkrechten, oben offenen Cylinders (z. B. von Blech), der sich um seine verticalstehende Axe (spitze Zapfen in Lagern) drehen läßt. Bei A, B, C ... sind an dem Boden horizontale Röhren angesetzt, die am vordern Ende verschlossen sind, unweit derselben aber Seitenöffnungen haben, die alle nach derselben Seite gekehrt sind. Wenn man nun den Cylinder beständig mit Wasser gefüllt erhält, welches zu den Seitenöffnungen

a, b, c . . . ausläuft, so wird sich der Cylinder um seine Axe nach der entgegengesetzten Richtung H, G, F . . . umdrehen. — Man hat lange Zeit auf die Auctorität Newtons angenommen, daß der Rückstoß dieser Art dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule gleich sei, welche zur Basis den zusammengezogenen Schnitt des ausfließenden Strahles und zur Höhe die Höhe des Niveau habe. Aber Daniel Bernouilli hat gezeigt, daß bei jedem Ausfluß die rückwirkende Kraft dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule gleich ist, welche zur Basis den zusammengezogenen Schnitt des ausfließenden Strahles und zur Höhe das Doppelte der Höhe des Niveau hat. Bernouilli schlug vor mit Maschinen, welche auf dieses Princip gegründet wären, auf den Flüssen stromaufwärts zu fahren, und gegenwärtig sieht man auf der Rhone in Frankreich eine ziemlich glückliche Anwendung desselben.

Auf den hier erörterten Grundsätzen beruhen eine Menge höchst wichtiger Instrumente und Apparate, welche, insofern es bei ihnen allen auf Ausgießen von Flüssigkeiten ankommt, zu den Springbrunnen gerechnet werden können. Der Heber (s. d. Art.), die Pumpen (s. d. Art. Druckpumpen) u. a. gehören hierher.*) Folgende Apparate gehören im engeren Sinne zu den Springbrunnen.

Der Druckspringbrunnen ist Fig. 307. abgebildet. V ist ein Gefäß von Kupfer mit sehr festen Wänden; T eine Röhre, welche mit dem Hahne R ein Ganzes ausmacht. Diese beiden Stücke sind gelöthet und ihre Verbindung läßt sich auf den Hals des Gefäßes V schrauben; j ist der Ausfluß-Aufsatz, welcher über den Hahn R geschraubt wird. Von der Größe desselben hängt der Durchmesser des Strahles

---

*) Erwähnung verdient noch ein Pumpenwerk, bei welchem der Kolben der gewöhnlichen Pumpen durch eine elastische Membrane (Fig. 308.) ersetzt ist. Dieselbe ist in dem Gefäße mit ihrem Rande ringsum befestigt und hat in der Mitte ein Ventil von Metall s′. Ein zweites Ventil s befindet sich über der Mündung der Röhre, welche in den Wasserbehälter reicht, welcher die Pumpe speist, und durch die obere Röhre, aus welcher das Wasser abfließt, geht eine Stange t bis über das Ventil s′, so daß die Membrane an ihr festsitzt. Zieht man diese Stange herauf, so hat die Membrane die in der Zeichnung ausgeführte Stellung, während bei herabgedrückter Stange die Stellung der Membrane die in der Figur nur angedeutete ist. Geht nun die Stange in die Höhe, so hebt sich das Ventil s, während s′ geschlossen bleibt und es tritt durch den Druck der Atmosphäre Wasser über s bis zu s′, geht dann die Stange herab, so wird s geschlossen und das zwischen s und s′ eingeschlossene Wasser drückt das Ventil s′ auf und erhebt sich über die Membrane. Bei Wiederholung des Ganges der Stange hebt sich das Wasser immer höher in der obern Röhre und fließt endlich aus. Eine derartige Pumpe dient in den Lampen von Gotten zu Hebung des Oeles. Man gibt ihr dann die in Fig. 309. dargestellte Einrichtung. corr stellt den verticalen Durchschnitt eines kleinen kupfernen Kastens dar, der durch die Scheidewand ll in zwei Theile getheilt ist. Der

ab; nn' ist das Niveau des Wassers im Gefäße. An die Stelle des Aufsatzes über dem Hahn R wird zuerst eine Compressionspumpe (s. d. Art. Compressionsmaschine) gebracht, und damit die Luft in dem Raume n A n' zusammengepreßt. Nachdem auf diese Weise die Fontaine geladen, nimmt man die Pumpe hinweg, schraubt den Aufsatz auf, dreht den Hahn und alsbald springt die Flüssigkeit zu einer bedeutenden Höhe empor: bis zu 30 Fuß, wenn die Luft nur auf 30 Atmosphären zusammengedrückt war, bis auf 100 Fuß, wenn die Zusammendrückung 5 oder 6 Atmosphären betrug. Man hat kleinere unter dem Namen Heronsbälle bekannte Apparate, welche aus Glas oder Metall bestehen, und übrigens mit dem oben angegebenen Apparate völlig übereinstimmen. Um Wasser in sie zu bringen, verdünnt man erst die Luft in dem Gefäße, entweder indem man es mittels der Luftpumpe exantlirt, oder indem man es erwärmt (auch wohl bloß mit dem Munde die Luft aussaugt). Hierauf taucht man die Spitze unter Wasser, welches nun durch den äußern Luftdruck in das Gefäß getrieben wird, bis die Luft im Innern wieder eine gleiche Dichtigkeit mit der atmosphärischen Luft hat. Endlich kann man ebenfalls mit Hilfe der Luftpumpe die Luft im Innern des Gefäßes comprimiren, um nachher das Springen des Wassers zu bewirken, oder man kann das Gefäß über Kohlen oder über eine Weingeistlampe setzen, um durch die Ausdehnung der Luft, welche die Wärme bewirkt, das Wasser zum Springen zu bringen.

Die intermittirende Fontaine ist Fig. 310. abgebildet. R ist der Wasserbehälter, jj' sind Aufsatzröhren, von denen die Figur nur 2 zeigt; T ist die Druckröhre; ihr oberes Ende erhebt sich über das Niveau des Wassers im Behälter; P ist der Fuß der Fontaine. Hier befindet sich das Geheimniß des Intermittirens. Man unterscheidet hier einen runden Ausschnitt e am untern Ende der Röhre und eine Oeffnung v, durch welche das Wasser vom ersten Boden nach dem zweiten geht. Wenn der Ausschnitt entblößt ist, so geht die Luft in die Röhre und drückt mit der Gewalt einer Atmosphäre auf die Oberfläche des Wassers im Behälter; wenn der Ausschnitt unter das Wasser getaucht ist, welches sich über dem oberen Boden ansammelt, so kann die Luft nicht mehr durch die Röhre eintreten, der Druck im Behälter

---

Theil zur Rechten ist seiner Länge nach in drei bis vier kleine Abtheilungen, ähnlich den in der Figur dargestellten, getheilt. Eine sehr feine Haut wird mittels des Drahtes F abwechselnd gehoben und niedergedrückt. Wenn sie sich hebt, so tritt das Oel des Behälters R durch das Ventil s; wenn sie sich senkt, so tritt das Oel durch das Ventil s' und steigt allmählig in der Abführungsröhre T in die Höhe. Drei Abtheilungen oder drei Pumpen reichen hin, die Bewegung des Oels in der Röhre T gleichmäßig und ununterbrochen zu erhalten, wenn zugleich die eine im Anfange, die zweite in der Mitte, die dritte am Ende ihrer Bewegung ist. Ein Uhrwerk unterhält den Gang der drei Pumpen.

nimmt allmählig ab. Die Aufsatzröhren jj' können mit dem Wasser der Fontaine in Verbindung stehen oder auch nicht, jenachdem man die Zwinge, an welche sie befestigt sind, nach der einen oder nach der anderen Richtung dreht. So wie die Verbindung hergestellt ist, ergießt sich das Wasser durch die Aufsatzröhre, fällt auf den ersten Boden und häuft sich über der Oeffnung v an. Diese läßt weniger Wasser durchgehen, als die Aufsatzröhren liefern, das Niveau steigt immer höher über derselben, setzt endlich den Ausschnitt e unter Wasser, schneidet dadurch den Luftzutritt in den Behälter R ab. Der Druck in diesem nimmt ab und ist bald so gering, daß aus den Aufsatzröhren jj' kein Wasser mehr ausläuft. Damit tritt aber auch kein Wasser mehr über den obern Boden des untern Gefäßes, und das in demselben noch enthaltene fließt durch v ab, so daß sein Niveau unter e sinkt, neue Luft in dem Behälter R gelangen und neues Auslaufen des Wassers aus den Aufsatzröhren bewirken kann. Man begreift, daß auf diese Weise das Wasser abwechselnd laufen und stocken muß, je nachdem der Ausschnitt e bedeckt ist oder nicht. Die natürlich vorkommenden intermittirenden Quellen (s. d. Art.) können auf einem ähnlichen in der Natur vorkommenden Apparate beruhen.

Aus dem Alterthume bekannt ist der **Heronsbrunnen**. Dieser Apparat (Fig. 311.) besteht aus drei Gefäßen, einem oberen offenen S, einem mittleren M und einem untern J; und drei Röhren, von denen die erste si vom Boden des obern Gefäßes nach dem Boden des untern geht, die zweite im vom obern Theile des untern Gefäßes bis in die Höhe des mittleren Gefäßes reicht, und die dritte ms vom Boden des mittleren Gefäßes bis zu 2 oder 3 Decim. über das obere Gefäß sich erhebt. Die dritte Röhre bildet den Strahl des Heronsbrunnens. Durch das Mundstück B, welches nachher verschlossen wird, bringt man Wasser in das mittlere Gefäß M. Eben so bringt man Wasser in das offene Gefäß S, öffnet den Hahn r der Sprungröhre, und die Flüssigkeit springt bis zu einem Punkte empor, welcher der Theorie nach so hoch über dem Niveau des mittlern Gefäßes ist, als das Niveau des obern Gefäßes über dem Niveau des untern ist. In der That ist dieser der Druck, unter welchem die Luft im untern und mittlern Gefäße steht. Der Verlauf des Phänomens ist nämlich der, daß das Wasser aus dem offenen Gefäße S durch si nach J gelangt, hier durch die Flüssigkeitssäule si die Luft zusammengedrückt wird, welcher Druck sich durch im nach dem Gefäße M fortpflanzt u. in diesem das Wasser endlich durch ms empor treibt. Noch einfacher ist der aus Glas geblasene Heronsbrunnen Fig. 312., welcher den Gang desselben sehr übersichtlich darstellt.

Zwei als Spielerei häufig construirte Springbrunnenapparate beschreibt **Muncke**. Der eine besteht aus zwei über einander befindlichen, überall verschlossenen Gefäßen von Blech, das untere CDEF (Fig. 313.) beträchtlich größer, das obere ACDB mit einem Sprungrohre KL versehen, welches unten bis fast auf den Boden herabreicht. Wird das untere Gefäß erhitzt, so steigt die ausgedehnte Luft durch die Röhre HG in das obere, drückt gegen das vorher eingefüllte Wasser, und erzeugt

so einen kleinen Springbrunnen. Wolf gibt auch eine Construction an, wonach, wie beim Heronsbrunnen, zwei Gefäße durch Röhren mit einander verbunden sind, und das Wasser aus dem untern aufspringt, wenn die Luft im obern durch Lichter erwärmt wird. Man gibt diesem Apparate meistens die Gestalt eines Tempels, so daß der Boden und die Kuppel die beiden Gefäße bilden, in einer der Säulen aber die Röhre herabgeht, welche die erhitzte Luft zuführt. Der zweite Apparat, welcher dazu dient, eine Feuerfontaine zu bilden, ist nur selten von Blech, meistens von Glas, und liefert dann allerdings, namentlich, wenn er etwas größer ist, ein sehr schönes Schauspiel, kann aber leicht wegen des Zerspringens gefährlich werden, und wird jetzt selten noch in den Cabinetten gefunden. Die Zeichnung Fig. 314. gibt die Construction deutlich an. Auf einem hölzernen oder metallenen Fuße ist eine Kugel, die man vorher mit (rothgefärbtem) Weingeist gefüllt und dann verkorkt hat, umgekehrt mit ihrem verlängerten Halse aufgesteckt. Aus der Mitte des Halses gehen die beiden aufwärts gebogenen, an den Enden in Spitzen ausgezogenen Röhren hervor. Für gewöhnlich hindert der Luftdruck das Ausfließen des Weingeistes, zündet man aber die aus den Spitzen dringenden Tropfen an, so wird die Kugel erhitzt, es bilden sich Dämpfe, die den Weingeist aufspringen machen, welcher brennend die Kugel noch stärker erhitzt, so daß zwei ansehnlich hoch springende, brennende Weingeiststrahlen zwei eigentliche Feuerfontainen geben.

Ueber natürlich vorkommende Springbrunnen siehe den Art. Quellen.

Sprungkegel. Wenn man einen Trichter mit der weiten Mündung nach unten kehrt, auf die enge Mündung den Finger legt, hierauf ihn in Wasser einsenkt, bis nur noch wenig von der Spitze hervorragt und nun endlich den Finger schnell abhebt, so wird aus der Oeffnung desselben ein kurzer Wasserstrahl herausgestoßen. Beim Einsenken des Trichters kann nämlich wegen des auf die Mündung gehaltenen Fingers die Luft aus dem Innern desselben nicht entweichen, es erlangt also das Wasser in ihm nicht das Niveau des ihn umgebenden Wassers. Wird aber hierauf der Finger abgehoben, so steigt das Wasser schnell in ihm empor, strebt aber nun durch die schnelle Bewegung eben so hoch über das Niveau des umgebenden Wassers zu steigen, als es vorher unter demselben stand. Die hier eintretende Schwankung ist ganz der bei allen übrigen oscillatorischen Bewegungen (z. B. am Pendel, s. d. Art.) zu vergleichen. Die Trichterform ist darum für das eingesenkte Gefäß zu wählen, weil sie das Springen des Strahles begünstigt; noch geeigneter sind diejenigen konischen Formen, welche der Erfinder des Sprungkegels Parrot angegeben hat. Er wählte namentlich drei Formen des Apparates (Fig. 315.). Die erste ist entweder ein gewöhnlicher, durchaus konischer Trichter, oder ein solcher, welcher nach Angabe der Zeichnung oben am stärksten konisch zuläuft. Es ist übrigens aus leicht begreiflichen Gründen keineswegs erforderlich, daß das obere Ende genau konisch sei, als ob der Durchmesser der aufsteigenden Wassermasse stets gleichmäßig verringert werden müßte, vielmehr genügt

jede anderweitige konoidische Gestalt. Dieses ergibt sich am besten daraus, daß ein Cylinder oder besser ein abgekürzter Kegel, dessen beide Flächen an Größe nicht sehr verschieden sind, oben mit einer Platte bedeckt, in deren Mitte sich die geeignete Oeffnung befindet, die Erscheinung gleichfalls zeigt. Daß übrigens durch die konoidische Gestalt des obern Theiles dieses Apparats die Wirkung verstärkt werde, geht aus den Resultaten hervor, die Parrot aus seinen Versuchen erhalten hat. Hiernach gibt eine 12 Z. lange und 2,5 Z. weite cylindrische Röhre, deren Platte eine Oeffnung von 6 Lin. hat, ganz ins Wasser getaucht, eine Sprunghöhe von 9 Fuß, ein abgekürzter Kegel aber von 2,5 Z. und 6 Lin. Durchmesser der beiden Oeffnungen bei 12 Z. Höhe gleichfalls nur 9 Fuß, ein oben konoidisch gestalteter Kegel dagegen von gleicher Höhe und 2,5 Z. unterer und 6 Lin. oberer Oeffnung, wie die Zeichnung ihn darstellt, gibt einen Strahl von etwa 15 Fuß Höhe. Eine sinnreich ausgedachte Abänderung dieses Apparats Fig. 316. endlich erhält man, wenn man einen oben verschlossenen Sprungkegel mit einer kurzen Ansatzröhre versieht, die mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildet. Bei übrigens gleichen Dimensionen und 5 Lin. Weite des Ausgußröhrchens erreichen die äußersten Tropfen des schrägen Strahles eine Weite von 13 Fuß, welches einer verticalen Fallhöhe von 6,5 Fuß zugehört. Vergl. d. Art. Springbrunnen u. Stoßheber.

Steine vom Himmel von verschiedener Größe fallen zuweilen begleitet von einem stark krachenden, donnerähnlichen Getöse und einer Feuererscheinung herab, wobei der Stein auf seiner Oberfläche so schnell verglast wird, daß sein Inneres vor der verändernden Einwirkung der Hitze geschützt bleibt. Gewöhnlich zerspringt dadurch der Stein während seines Falles und die Stücke werden ziemlich weit umher geschleudert. Ueberlieferungen von Steinfällen gab es aus alter und neuerer Zeit, aber die Naturforscher glaubten nicht an das Phänomen, bis zuerst am 16. Juni 1794 zu Siena und am 13. Decbr. 1795 zu Woodcottage in Yorkshire ein Steinfall sich ereignete, der so constatirt war, daß jeder Zweifel unmöglich wurde. Schon in der Ostermesse 1794 war aber ein Werk von Chladni erschienen, in dem Nachrichten von Meteorsteinen zusammengestellt und die Richtigkeit der Thatsache behauptet wurde, daß zuweilen Steine vom Himmel fielen. Untersuchungen von Howard bestätigten Chladni's Behauptungen. Am 26. April 1803 zu l'Aigle im französischen Departement de l'Orne wurden ein paar Tausend Steine über eine gewisse Fläche ausgestreut und eine große Anzahl von Augenzeugen bestätigte die Wahrheit des Phänomens. Die pariser Akademie übertrug Biot die Untersuchung am Orte der Erscheinung selbst, welche die Sache mit allen schon früher überlieferten Nebenumständen völlig außer Zweifel setzte. Ueber den Ursprung dieser Körper wurde viel gestritten. Einige hätten sie gern für Auswürflinge irdischer Vulkane angesehen, aber ihre Structur sprach gegen eine solche Entstehung, andere meinten daher, sie wären in der Luft entstanden, aber Berzelius erinnert, daß wir weder

wissen, ob die Bestandtheile der Meteorsteine in Luftform existiren können, noch ob sie aus den gewöhnlichen Bestandtheilen der Luft zusammengesetzt sind, und überdieß hätten mehre Meteorsteine eine so große Masse gehabt, daß ihre Bildung in der Atmosphäre unmöglich in der kurzen Zeit des Falles durch die Luft vor sich gehen konnte, besonders da nothwendiger Weise der Fall schon bei Absetzung des ersten festen Theilchens hätte beginnen müssen. Sehr achtbare Physiker leiten daher den Ursprung der Meteorsteine vom Monde ab. Berzelius führt für diese Ansicht Folgendes an: „Anaxagoras vermuthete von einem zu seiner Zeit bei Aegos Potamos gefallenen Steine, daß er von einem andern Weltkörper ausgeworfen worden sei. Diese Ansicht schließt vermuthlich die Wahrheit ein, und ist auch durch die Forschungen unserer Zeit unterstützt worden. Olbers äußerte im Jahre 1795 in einem Bericht über den am 16. Juli 1794 zu Siena in Italien geschehenen Meteorsteinfall die Idee, daß dergleichen Steine vom Monde ausgeworfen sein könnten, hielt es aber doch für wahrscheinlicher, daß sie aus dem Vesuv herstammten. Im Jahr 1802 sprach Laplace, auf Veranlassung der Arbeit von Howard, dieselbe Idee aus, mit dem Zusatz, die Feuererscheinung entspringe aus der Zusammendrückung der Luft, in Folge der unendlichen Geschwindigkeit, mit welcher der Meteorstein in die Atmosphäre eindringe, welche aber durch den Widerstand der Luft so verringert werde, daß der Fall zuletzt nur mit der gewöhnlichen Fallgeschwindigkeit geschehe. — Die uns zugewandte Seite des Mondes ist voller Höhen und darunter finden sich viele Berge, die den mit Kratern versehenen Vulkanen unserer Erde ganz ähnlich gebildet sind, und dabei so große Dimensionen haben, daß man mit guten Fernröhren in die Krater sehen und sehr wohl unterscheiden kann, daß die eine Hälfte der Innenseite von der Sonne beleuchtet und die andere beschattet ist, während der Ring, welcher den Krater bildet, hervorsteht. Dieß läßt vermuthen, daß diese Berge ihre Form durch dieselbe Ursache wie die auf der Erde erhalten haben, d. h. durch Eruptionen. Wenn aber die Kraft, welche auf dem Monde Eruptionen hervorbringt, eben so groß ist als die Wurfkraft der irdischen Vulkane, so müssen sich die geworfenen Körper bedeutend weiter von dem Monde entfernen als von der Erde; denn erstlich ist die Masse des Mondes nur 1,45 Procent von der der Erde, u. damit steht auch die Schwere auf dem Mond im Verhältniß; zweitens hat der Mond keinen Luftkreis oder wenigstens einen so lockern, daß bei Fixsternbedeckungen durch den Mond keine Strahlenbrechung darin wahrnehmbar ist. Der Auswurf geschieht folglich in einen luftleeren Raum, ohne einen solchen mechanischen Widerstand für die Bewegung der geworfenen Körper, wie ihn die Atmosphäre der Erde darbietet, wo der Körper daher bald zur Ruhe kommt. Wenn drittens der Auswurf gegen die Erde gerichtet ist, so nimmt die Anziehung der Erde zu dem geworfenen Körper beständig zu, während die des Mondes stetig abnimmt. Und viertens liegt die Gleichgewichtsgrenze zwischen der Erde und dem Monde bedeutend näher am letzteren. Biot gibt an, daß eine Wurfkraft von 7771 pariser Fuß in der Secunde diese Grenze erreiche; mit einem geringen Kraftüberschusse

wird der Körper dieselbe übersteigen und dann auf die Erde fallen müssen. Diese Geschwindigkeit ist fünf bis sechs Mal größer, als die einer 24pfündigen Kanonenkugel beim Austritt aus der Kanone, und wird von der Wurfkraft unserer Vulkane übertroffen. Die Berechnungen, welche sowohl Olbers als Poisson hierüber angestellt haben, zeigen, daß die Idee eine physische Möglichkeit einschließe. — Verschiedene Umstände bei den Meteorsteinen passen wohl zu dem, was wir glauben von dem Monde zu wissen. Die Meteorsteine sind durchsetzt mit metallischem Eisen, welches, wenn der Stein mit lufthaltigem Wasser befeuchtet wird, allmählig zu Eisenoxydhydrat rostet, wie es unter gleichen Umständen mit den Mineralien der Erdkruste der Fall ist. In ihrer ursprünglichen Lagerstätte mangelt also Luft, oder beides, Luft und Wasser. Auch haben astronomische Untersuchungen keine Spur von so großen Wasseransammlungen auf dem Monde gefunden, daß sie mit guten Fernröhren zu entdecken wären. Ich weiß nicht, daß man in den Meteorsteinen chemisch gebundenes Wasser gefunden habe. — Sehr genaue chemische Untersuchungen (von Berzelius) haben gezeigt, daß die meisten Meteorsteine einander in der Zusammensetzung so ähnlich sind, daß man sie als von demselben Berg herrührend ansehen kann, während nur wenige von abweichender Beschaffenheit gefunden wurden. So weit es zulässig ist, aus den Verhältnissen auf der Erde einen Schluß zu ziehen, kann man die übrigen Weltkörper auch gar nicht als homogene Gemenge von Mineralien ansehen, vielmehr hat die Geschichte ihrer ursprünglichen Bildung sicher viele Aehnlichkeit mit der Geschichte der der Erde. Die Felsarten aus verschiedenen Gegenden eines anderen Weltkörpers werden also in der Zusammensetzung verschieden sein können. — Der Mond kehrt der Erde beständig dieselbe Seite zu. Der Mittelpunkt seiner sichtbaren Scheibe macht folglich deren beständig uns zugewandten Gipfel aus, dessen Eruptionen ihre Projectile am leichtesten über die Gleichgewichtslinie hinauswerfen, und folglich müssen die auf die Erde fallenden Meteorsteine, angenommen, daß sie vom Monde kommen, in größter Zahl von hier ab ausgeworfen worden sein. Sie können folglich einem ganz beschränkten Gebirgszuge angehören, und dann läßt sich ihre große Gleichheit im Ansehen und in der Zusammensetzung leicht begreifen. Die Auswürflinge von Eruptionen, welche seitwärts dieses Gipfels geschehen, fliegen in einer nicht mehr direct gegen die Erde gerichteten Linie fort, und müssen also seltener in den Anziehungskreis der Erde gelangen. Wenn die Bergarten dieser Gegenden verschieden sind von denen auf dem Gipfel der uns zugewandten Mondshälfte, so sieht man leicht ein, daß uns von daher Meteorsteine von anderer als der gewöhnlichen Beschaffenheit zukommen müssen, zugleich aber auch, daß dieß vergleichsweise selten geschehen müsse. Darf man annehmen, daß der uns zugewandte Mondscheitel so mit Nickeleisen durchsetzt ist, als es die Meteorsteine sind, und daß die übrigen Theile, oder wenigstens die beständig von der Erde abgewandte Halbkugel, wenig oder gar nichts davon enthalten, so würde daraus folgen, daß der Mond, wenn auf ihn die Erde, außer ihrer allgemeinen, von der Schwere herrührenden Anziehung, noch eine magnetische Anziehung aus-

übte, den eisenreichsten Theil seiner Kugel gegen die Erde wenden müsse, und daß daraus die wunderbare Erscheinung entstehe, daß der Mond uns unverwandt die nämliche Seite zukehrt. — Es ist jedoch auch möglich, daß die Meteorsteine von einem andern kosmischen Orte herkommen. Olbers äußerte bekanntlich die Vermuthung, daß die kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter Stücke eines zersprungenen Planeten sein könnten, in Folge welcher Vermuthung mehre dergleichen Stücke gesucht wurden, und Olbers selbst eines derselben fand. Wenn eine solche Katastrophe statt fand, was durch den bedeutenden Winkel, welchen die Bahn der Pallas mit den Bahnen der übrigen Planeten macht, bestätigt zu werden scheint, so muß eine unendliche Menge kleiner Stücke umhergeschleudert worden sein, in Richtungen, daß sie um die Sonne abnehmende Bahnen beschreiben, wodurch sie dann leicht auf ihrem Wege in die Attractionssphäre anderer Planeten gerathen und auf sie niederfallen. Man hat auch vermuthet, die Materie des Weltalls befinde sich zum Theil in einer noch nicht geordneten Bewegung und die Meteorsteine seien solche mehr oder weniger große Massen, welche zuweilen in die Attractionssphäre der Erde gerathen; allein diese Vermuthung ist von allen die wenigst wahrscheinliche. Das Weltsystem scheint von der bestimmtesten Ordnung zu zeugen, und überdieß wird nach dieser Vermuthung die identische Beschaffenheit der Meteormassen noch weniger begreiflich.''

Es muß für den Naturforscher von dem höchsten Interesse sein, Körper, welche, woher sie auch ihren Ursprung ableiten, doch gewiß nicht von der Erde abstammen, ihrer Natur nach näher kennen zu lernen. Ein großer Theil der auf der Erde allgemeiner vorkommenden Stoffe ist auch in den Meteorsteinen aufgefunden worden und es ist sogar geglückt zu bestimmen, in welchen chemischen Verhältnissen sie darin enthalten sind. Es scheint hiernach, wenn die Meteorsteine Bruchstücke anderer Weltkörper sind, daß diese von derselben Natur wie unsere Erde sind.

Die interessante Abhandlung, in welcher Berzelius die angeführte Vermuthung über das Wesen der Meteorsteine äußert, wurde durch eine an denselben ergangene Aufforderung veranlaßt, den am 25. Novbr. 1833 6½ Uhr Abends in der Nachbarschaft von Blansko in Mähren gefallenen Meteorstein zu untersuchen. Derselbe bildete wie gewöhnlich ein stark leuchtendes Feuerphänomen und seinem Falle ging ein donnerähnliches Getöse voran. Der Bergamtsdirector Reichenbach, welcher sich damals auf dem Felde befand und Zeuge des Meteors war, stellte hernach mit einer starken Mannschaft eine Aufsuchung der gefallenen Masse an, und dadurch glückte es endlich, kleine Stücke zum Belauf von etwa einem halben Pfunde aufzufinden, die Hauptmasse wurde jedoch wegen der waldigen Beschaffenheit der Gegend nicht gefunden. Berzelius hat sowohl diesen als eine Menge anderer Meteorsteine, in deren Besitz er sich befand, chemisch untersucht und beschrieben. Was das äußere Ansehn dieser Meteorsteine betraf, so wichen sie vielfach von einander ab. Der Meteorstein von Blansko gehört zu den am häufigsten vorkommenden und konnte neben einen der-

selben gelegt, z. B. neben den von Benares, l'Aigle, Berlongville u. s. w. von ihm nicht unterschieden werden. Die Beschreibung dieser Steine ist folglich übereinstimmend. Er hat die gewöhnliche äußerlich geschmolzene Rinde, eine hellgraue, etwas rothfleckige feinkörnige Bruchfläche, die hie und da runde Kügelchen von gleicher Farbe mit dem Steine zeigt; letztere können aufgelöst werden und hinterlassen dann eine glatte Höhlung. Er enthält viel Nickeleisen und sehr wenig Schwefeleisen, in feinen Partieen überall eingesprengt und dadurch zeigt er glänzende Punkte, von denen einige in einer gewissen Richtung röthlich erscheinen, jedoch nichts anderes als angelaufenes Nickeleisen sind. Zerstößt man den Stein zu einem gröblichen Pulver, so kann das Nickeleisen mit einem Magnet ausgezogen und unter Wasser von der sichtlich anhängenden Steinsubstanz abgewaschen werden, so daß die Eisentheilchen beinahe silberweiß zurückbleiben. Unter einem zusammengesetzten Mikroskop kann man mit Deutlichkeit keine anderen Bestandtheile unterscheiden als ein weißes splitteriges Mineral, welches durchscheinend zu sein scheint und bei den Rostflecken gelblich ist; und die metallischen kantigen Körner. Dasselbe ist der Fall, wenn man das gröbliche Pulver des Minerals unter dem Mikroskop betrachtet.; allein dann sind seine Theile durchsichtiger.

Der Meteorstein von Chantonnay, welchen Berzelius untersuchte, fiel unter den gewöhnlichen Erscheinungen einer Feuerkugel und unter einem donnerähnlichen Getöse um 2 Uhr Morgens am 5. Aug. 1812 nicht weit von Chantonnay im franz. Dep. Vendée, und ward an demselben Tage von dem Pächter des Gutes la haute Révetison auf einem Felde in der Nähe seines Wohnhauses aufgefunden. Er war drittehalb Fuß tief in die Erde eingedrungen und roch noch stark nach Schwefel. Er wog 69 Pfund und besaß eine viel größere Härte und Cohäsion als gewöhnlich die Meteorsteine, so daß er am Stahl Funken gab. Seine Bruchfläche hatte eine dunklere Farbe als gewöhnlich die Meteorsteine und an einigen Stellen war sie ganz schwarz. Die umgebende verglaste Rinde war weniger schwarz und zuweilen dunkel graurοth.

Der Meteorstein von Lontalax fiel am 13. Dec. 1813 in der Nähe des Dorfes Lontalax im Kirchspiel Savitaipals im Län Viborg in Finnland. Ein großer Theil der Stücke fiel auf das Eis, von wo sie aufgehoben wurden. Nach Nordenskiölds Angabe enthält dieser Meteorstein folgende Gemengtheile: 1) Ein hell olivengrünes Mineral, welches sich vor dem Löthrohre wie Olivin verhält, nur in geringer Menge vorkommt und nicht größer ist als ein Stecknadelknopf. 2) Ein hell klares, weißes, blättriges Mineral, welches auf der Oberfläche krystallinisch aussieht und leicht zerbröckelt. 3) Schwarze, dem Magnet folgsame Punkte. 4) Ein aschgrauer, wenig zusammenhängender Stoff, welcher ohne Aufschwellen zu einer schwarzen Kugel schmilzt und die reichlichste Masse des Steines ausmacht. Auswendig ist er von einer schwarzen Schlackenrinde umgeben. Berzelius besaß von der aschgrauen Hauptmasse nichts. Das von ihm zur Analyse angewandte Stück beschreibt er näher wie folgt: „Es ist im Vergleich mit gewöhnlichen

Meteorsteinen weiß, neben weißen Mineralien aber graulich, kaum merklich ins Grüne fallend. Hie und da sind schwarze Punkte eingesprengt, welche dem Magnet folgen und sich in Salzsäure ohne Geruch nach Schwefelwasserstoffgas und ohne Gasentbindung zu einer dunkelgelben Flüssigkeit auflösen, woraus also folgt, daß sie aus Eisenoxyduloxyd oder Magneteisenstein bestehen. Es ist übrigens ein Aggregat von Theilen, welche ohne gerade krystallisirt zu sein, doch krystallinisches Gefüge haben, und so locker zusammenhängen, daß der Stein sich mit Leichtigkeit zerbrechen läßt. Die Brocken, die dabei abfallen, gleichen sehr dem zarten Pulver von glasigem Feldspath, was Nordenskiöld auf die Vermuthung brachte, sie seien Leucit."

Der Fall des Meteorsteines vor Alais in Frankreich ereignete sich am 15. März 1806 um 5½ Uhr Nachmittags. Es wurden zwei Knalle gehört und es fielen zwei Steine nieder, der eine bei St. Etienne de Lolm und der andere bei Valence, beides Dörfer, jenes 4½, dieses 2 Lieues von Alais entfernt. An beiden Orten wurde der Fall von glaubwürdigen Personen bezeugt, welche die Steine auflasen. Der erste wog 8, der letztere ungefähr 4 Pfund. Sie zersprangen beim Fall. Dieser Stein ist von allen anderen verschieden. Er gleicht einem verhärteten Thon und zerfällt im Wasser mit Thongeruch. Seine Farbe ist schwarz, etwas ins Graue fallend, mit dichten, weißen Punkten oder einem Anfluge; dabei ist er leicht zerbrechlich und zerbröckelt schon zwischen den Fingern. Gerieben mit dem Nagel oder einem anderen glatten Körper nimmt er Politur an, wie es oft mit Thonarten der Fall ist. In Wasser gelegt zerfällt er nach einigen Augenblicken zu einem graugrünen Brei von einem starken Thongeruch mit einem nicht unangenehmen Nebengeruch von frischem Heu. Geschlemmt und sodann getrocknet hat das Pulver eine aus Schwarz, Grün und Braun zusammengesetzte Farbe. Nach der von ihm angestellten Analyse meint Berzelius, dieser Meteorstein könne für nichts anderes als für einen Erdklumpen gehalten werden, und zeige, daß die Bergarten in seiner Heimath durch einen geologischen Proceß in Erde verwandelt werden, wie es auf unserem Planeten der Fall ist. Der Umstand, daß darin metallisches Eisen, Schwefeleisen, nebst den Oxyden von Nickel, Kobalt, Zinn, Kupfer und Chrom enthalten sind, zeige, daß diese Erde aus der gewöhnlichen Meteorsteinmasse, welche hier hauptsächlich Meteor-Olivin ist, gebildet worden sei. Es leidet, sagt Berzelius, folglich keinen Zweifel, daß der untersuchte Stein, ungeachtet aller seiner Verschiedenheiten im Aeußern ein Meteorstein ist, welcher, aller Wahrscheinlichkeit nach, aus der gewöhnlichen Heimath der Meteorsteine herstammt.

Die berühmte Meteormasse, welche durch Pallas in Europa bekannt geworden, lag auf dem Kamm eines Schieferberges in einer Gegend von Sibirien zwischen Krasnojarsk und Abekansk. Die Einwohner sahen sie für ein vom Himmel gefallenes Heiligthum an und die Volkssage bewahrte das Andenken von diesem Falle auf, obgleich alle historischen Nachrichten darüber fehlten. Pallas schätzte ihr Gewicht auf 1600 Pfund. Gegenwärtig möchte sie, meint Berzelius, wohl gänzlich unter die öffentlichen und privaten Mineralienkabinette

vertheilt sein. Diese ungewöhnliche Meteormasse bestand hauptsächlich aus einem Skelett von Eisen, ähnlich einem wohlausgegohrenen Brote, dessen runde und dichte Höhlungen mit grünlichem glasklaren Olivin ausgefüllt waren. (S. S. 598.)

Ueber den Fall der Meteoreisenmasse von Ellbogen ist keine historische Nachricht vorhanden; allein ihre Aufbewahrung seit unbekannter Zeit auf dem Rathhause der Stadt Ellbogen deutet darauf hin, daß ihr Fall beobachtet worden ist, und dieß Veranlassung gegeben hat, sie in Sicherheit zu bringen. Der ihr vom Volke gegebene Name: der verwünschte Burggraf scheint darauf hinzuweisen, daß sie innerhalb des ziemlich kurzen Zeitraums, wo Ellbogen von Burggrafen regiert wurde, um den Anfang des 15. Jahrh., niedergefallen ist. Jetzt wird sie in Wien aufbewahrt.

Aus allen seinen chemisch-analytischen Untersuchungen schließt nun Berzelius, daß die Meteorsteine Bergarten sind, gemengt aus mehren Mineralien in variirenden Verhältnissen. Diese Mineralien sind nun folgende: 1) Gediegenes Eisen, welches zuweilen die Hauptmasse des Niedergefallenen ausmacht. Derartige Meteorsteine zerspringen beim Falle nicht, und bilden daher die größten der bisher gefundenen Meteorsteine; das Eisen darin bildet zuweilen eine dichte Masse, zuweilen gewundene kleinere und größere Theile, so wie Körner, gewöhnlich voller Grübchen und Höhlungen, welche eine Steinmasse umschließen. Das Eisen ist gemengt mit anderen Metallen, hauptsächlich mit Nickel, dessen Quantität nicht beständig zu sein pflegt. In dem übrigen ist eine chemische Verbindung von Eisen und Nickel angeschossen, und da sie sich träger in Säuren löst als das dazwischen befindliche reinere Eisen, so entstehen durch Aetzung die unter dem Namen der Widtmanstädt'schen Figuren bekannten Zeichnungen von diesen Krystallen. Läßt man eine solche geätzte Oberfläche nach dem Poliren anlaufen, so wird das Eisen dunkelblau u. die Nickellegirung brandgelb. 2) Schwefeleisen. 3) Magneteisenstein. 4) Meteorolivin. 5) In Säuren unlösliche Silicate von Talkerde, Kalk, Eisenoxydul, Manganoxydul, Thonerde, Kali u. Natron. Die schwarze Rinde auf den Meteorsteinen ist Folge der Schmelzbarkeit ihrer Silicate, welche auch dazu beitragen, den für sich unschmelzbaren Olivin in Fluß zu bringen. 6) Chromeisen. 7) Zinnstein.

Berzelius macht noch folgende, höchst interessante Bemerkungen in Bezug auf seine Vermuthung von dem Ursprunge der vom Himmel gefallenen Steine. „Wenn wir die Meteorsteine als Proben von Bergarten betrachten und sie mit denen unserer Erde vergleichen, so zeigen sich dabei, auch wenn man den Gehalt an gediegenem Eisen ausnimmt, wesentliche Unterschiede. Der Reichthum an Talkerde, welche überall vorwaltender Bestandtheil ist, die Seltenheit der Kieselerde und der unbedeutende Gehalt an Silicaten von Thonerde und Alkali zeichnen die Meteorbergarten aus. Auf der Erde verhält es sich umgekehrt; hier ist die Kieselerde überwiegend, und Silicate von Thonerde u. Alkali sind überall die hauptsächlichsten Gemengtheile. Die Talkerde kommt sparsam vor. Die Feinkörnigkeit und der geringe Zusammenhang in

der Textur der Meteorsteine könnte darauf hindeuten, daß sie im geschmolzenen Zustande ausgeworfen wurden, und daß sie sich folglich mit den Produkten der tellurischen Vulkane vergleichen lassen. Indeß scheint ein solcher Vorgang nicht statt gefunden zu haben. Wenn man die Textur eines größern Meteorsteinstücks genau betrachtet, so findet man, daß sie gesprungen gewesen sind, und daß diese Sprünge ausgefüllt wurden mit einer andern mehrentheils dunkleren Steinmasse. Aehnliche Verhältnisse findet man in von Schreiber's Arbeit über Meteorsteine abgebildet. Dieß weist auf eine langsamere und ruhigere Bildungsart hin. Daß der Olivin unter den tellurischen Vulkanprodukten und selten in anderen vorkommt, beweist nicht die Nothwendigkeit, daß der Olivin immer ein vulkanisches Produkt sein müsse. Er ist unschmelzbar und findet sich eingeschlossen in vulkanischen Bergarten, weil er nicht mit ihnen zusammen in Fluß treten kann. In den Meteorsteinen ist er dagegen so gleichförmig mit den übrigen Bestandtheilen gemengt, daß seine Anwesenheit in diesen offenbar einen andern Grund hat als die der Olivindrusen in der Lava und dem Basalt. Der Meteorstein von Alais beweist, daß in der Heimath der Meteorsteine, unter irgend einem geognostischen Ereigniß, Bergarten zerfielen und sich in eine Art Erde verwandelten, und daß selbst diese olivinartige, mit gediegenem Eisen gemengte Masse die Bergart war, welche zertrümmert ward. Der Gehalt dieser Erde an Salzen, die in Wasser löslich sind, scheint zu beweisen, daß jener Vorgang ohne Mitwirkung von Wasser geschah, oder in einem Wasser, welches bedeutende Mengen von diesen Salzen gelöst enthielt, so daß dieselben beim Austrocknen zurückblieben. Der kohlenhaltige Stoff, den diese Erde eingemengt enthält, scheint nicht zu dem Schluß zu berechtigen, daß in der ursprünglichen Heimath dieser Erde eine organische Natur vorhanden sei. Diese Eigenschaft der Erde scheint mehr als ein anderer Umstand zu zeigen, daß die Meteorsteine nicht in flüssiger Form ausgeworfen wurden und sodann erkalteten, weil unter solchen Umständen eine Erdbildung nicht denkbar ist. — Das eben Angeführte gilt von der Mehrzahl der Meteorsteine, welche alle als abstammend aus einer gemeinschaftlichen Gegend betrachtet werden können. Aber unter den untersuchten Meteorsteinen haben drei eine so wesentlich verschiedene Zusammensetzung gegen die übrigen gezeigt, daß man mit Sicherheit sagen kann, sie sind nicht von demselben Orte gekommen wie jene, sondern rühren entweder von einem anderen Weltkörper her, oder von einer andern Gegend auf demjenigen, der uns die übrigen zusandte. Dagegen stimmen sie unter sich so gut überein, daß man wohl vermuthen kann, sie haben eine gemeinschaftliche Heimath: dieß sind die, welche bei Stannern in Mähren, bei Jonzac und bei Juvenas in Frankreich gefallen sind. Der erste ist von Moser und sodann von Klaproth untersucht; die beiden anderen sind es von Laugier. Sie weichen von den entsprechenden darin ab, daß sie kein gediegenes Eisen enthalten, daß sie ein Aggregat von deutlich unterscheidbaren Mineralien ausmachen, wiewohl die Gemengtheile von äußerst geringem Volumen sind, und daß Talkerdesilicat nur zu einer ganz unbedeutenden Quantität in ihre Zusammensetzung eingeht. Dagegen enthalten sie, außer etwas Schwe-

feleisen, Silicate von Kalk, Thonerde und Eisenoxydul. Auch enthalten sie Chrom. — G. Rose hat diese Art von Meteorsteinen näher untersucht, und es wahrscheinlich gemacht, daß sie Gemenge seien von Labrador und Pyroxen, nebst etwas nickelfreiem Magnetkies, der indeß nach seinen Versuchen dem Magnet nicht folgt. — Wenn die verschiedenen Arten von Meteorsteinen aus dem Monde herstammen, so scheint es klar zu sein, daß die letztere und seltnere Art aus einer Gegend desselben herrührt, die so gelegen ist, daß die von dort ausgeworfenen Körper nicht direct auf die Erde zu fliegen, wie die gewöhnlichen Meteorsteine, und daß darin der Grund ihrer Seltenheit liegt. Daß das gediegene Eisen in denselben fehlt, ist bemerkenswerth und zeigt, daß der große Gehalt an gediegenem Eisen, welcher die gewöhnlichen Meteorsteine auszeichnet, nicht allgemein verbreitet ist, und es kann die Hypothese unterstützen, daß dasselbe in einer gewissen Gegend auf dem Mond reichlicher vorkomme, und dieß die Ursache sei, daß diese Gegend, vermöge des magnetischen Einflusses von Seiten der Erde, dieser unverändert zugewandt ist."

Der einfachen in den Meteorsteinen entdeckten Stoffe sind 18, nämlich: Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Kohle, Kiesel, Chrom, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt, Kupfer, Zinn.

In Beziehung auf die Entstehung der Steine vom Himmel macht v. Hoff gegen Berzelius die Bemerkung, daß namentlich wegen der die Steinfälle begleitenden Erscheinungen (s. d. Art. Feuerkugeln) eine lunarische Entstehung derselben nicht wohl anzunehmen sei. Sowohl das momentane Erfolgen der Explosion, als die vorübergehende Lichterscheinung, als die dem Hauptact vorausgehenden Erscheinungen (leuchtende Wolken, parallel laufende Lichtstreifen, die erst später in eine Feuerkugel zusammenfließen), ferner besonders der beträchtliche Unterschied in der Größe der Feuerkugeln und der aus ihnen niederfallenden Producte (oft vielleicht nur ein Hunderttausendtheilchen der Feuerkugel) lassen sich nach von Hoff's Meinung allein aus dem Durchfliegen eines festen Körpers durch den Raum nicht erklären. Allen diesen Erscheinungen, sagt er, muß ein eigenthümlicher, augenblicklich vollbrachter, physisch chemischer Proceß zu Grunde liegen. Hoff vermuthet daher, daß in den Augenblicken, in welchen bei einem fallenden Meteor die Explosion und Lichtentwickelung erfolgt, eine mächtige chemisch-physische Operation vorgeht, die nicht bloß Begleiterin des Falles eines festen Körpers, oder Wirkung dieses Falles ist, sondern die aus Urstoffen einen neuen Körper bildet, und daß dieser neue Körper eben der fallende Meteorstein ist. Daß die Naturerscheinung des Meteorsteinfalls nicht zu den seltensten gehört, geht aus der Menge von Beobachtungen solcher Fälle vor, die bekannt geworden, seitdem man die Möglichkeit, daß Steine vom Himmel fallen, nicht mehr bezweifelt. Nachstehendes Verzeichniß enthält (nach Chladni und v. Hoff) die seit 1800 bekannt gewordenen Meteorsteinfälle, so wie die bekannten Eisenmassen, welche wahrscheinlich meteorischen Ursprunges sind.

Meteorsteinfälle: 1801 auf Ile des Tonnelliers. 1802, Sept. in Schottland. 1802, Alhabad in Hindostan. 1803, 26. Apr. bei l'Aigle. 1803, 4. Juli bei East-Norton. 1803, 8. Oct. bei Apt (Frankr.). 1803, 13. Dec. bei Eggenfelde. 1804, 5. Apr. bei Glasgow. Von 1804 bis 1807 bei Dortrecht. 1805, 25. März bei Doroninsk in Sibirien. 1805, Juni zu Constantinopel. 1806, 13. März zu Alais. 1806, 17. Mai in Hantshire. 1807, 13. März bei Timochin in Rußland. 1807, 14. Dec. bei Weston in Connecticut. 1808, 19. Apr. zu Borgo San-Donino. 1808, 22. Mai bei Stannern in Mähren. 1808, 3. Sept. zu Lissa in Böhmen. 1808 zu Mooradabad in Hindostan. 1809, 17. Juni im Meere nahe bei Nordamerika. 1810, 30. Jan. in Caswel in Amerika. 1810 im Juli bei Shabad in Indien. 1810 im August in der Grafschaft Tipperary in Irland. 1810, 23. Nov. bei Charsonville in der Nähe von Orleans. 1810, 28. Nov. im Meer beim Cap Matapan. 1812, 12. bis 13. März in der Provinz Pultawa in Rußland. 1811, 8. Juli zu Berlanguillas. 1812, 10. Apr. bei Toulouse. 1812, 15. April zu Erxleben. 1812, 5. Aug. zu Chantonay. 1813, 14. März zu Cutro in Calabrien (mit rothem Staube). 1813 im Frühjahr bei Malpas unweit Chester. 1813, 10. Sept. bei Limerik in Irland. 1813, 13. Dec. bei Lontalax u. Savitaipal unweit Viborg in Finnland (s. oben.) 1814, 3. Febr. bei Bacharut in Rußland. 1814, 5. Sept. bei Agen. 1814, 5. Novbr. in Doab in Indien. 1815, 18. Febr. zu Duralla in Indien. 1815, 3. Oct. zu Chassigny bei Langres. 1816 zu Glastonbury in Sommersetshire. 1817 zwischen 2. u. 3. Mai im baltischen Meere. 1818, 15. Febr. zu Limoges. 1818, 30. März bei Zaborzyca in Volhynien. 1818, 10. Aug. zu Slobotka in der russ. Provinz Smolensk. 1818 in Macedonien. 1819, 14. Juni zu Jonzac im Dep. Unt.-Charente. 1819, 13. Oct. bei Politz unweit Gera oder Köstritz im Fürst. Reuß. 1820, 21. bis 22. März zu Wedenburg in Ungarn. 1820, 12. Juli bei Likna im Kreise von Dunaburg, Prov. Witepsk in Rußland. 1821, 15. Juni bei Juvenas. 1822, 3. Juni zu Angers. 1822, 10. Sept. bei Karlstadt in Schweden. 1822, 13. Sept. bei la Basse, Canton Epinal, Dep. Wasgau. 1822 im Nov. zu Rourpoor bei Futtehpore in Ostindien. 1823, 7. Aug. bei Nobleboro in Amerika. 1824, Ende Jan. bei Arenazzo im Gebiet v. Bologna. 1824, 18. Febr. in der Prov. Irkutzk in Sibir. 1824, 14. Oct. bei Zébrak, Kreis v. Beraun in Böhmen. 1825, 14. Sept. auf der Sandwichinsel Wahu. 1826, 15. März in der Gegend v. Lugano. 1826, 19. Mai im russ. Gouv. Ekaterinoslav. 1826 im Aug. auf den Galapian-Höhen im Dep. Lot u. Garonne. 1827, 27. Febr. im District Azim-Gesh in Hindostan beim Dorfe Mhow. 1827, 9. Mai zu Drake Creek im nordamer. Staate Tenessen. 1827 im Aug. in der chines. Prov. Kuld-Schuh. 1827, 5. oder 8. Oct. bei dem Dorfe Kuasti-Knasti bei Bialystock in Polen. 1828, im Mai bei Tscheroi zwischen Krajowa und Widdin. 1828, 4. Juni in der Grafsch. Chesterfield in Virginien. 1829, 8. Mai bei Forsyth im Canton Monroe des nordamer. Staates Georgien. 1829, 14. Aug. bei Deal im

nordamer. Staate Neu-Jersey. 1829, 9. Sept. bei Krasnyi-Ugal im russ. Dep. Rjäsan. 1829, 19. Nov. bei Prag. 1831 zu Bouillé im franz. Dep. de la Vienne. 1831, 9. Sept. bei Wessely im hradischer Kreise in Mähren. 1833, 16. Juli bei Nachratschinsk im Dep. Tobolsk. 1833, 25. Nov. bei Blansko in Mähren. 1835, 13. Nov. im Arond. Belley im Dep. Ain (zündete ein Haus an) *).

Eisenmassen, welche für meteorisch zu halten, sind folgende bekannt. Die von Pallas in Sibirien aufgefundene Masse (s. oben,

---

*) Die Bewohner von China, Japan und den benachbarten Provinzen haben besondere Aufmerksamkeit auf die Erscheinung von Meteorsteinfällen gewendet. Sie haben über dieselben ein bei weitem vollständigeres Verzeichniß als wir. Dasselbe geht bis in das 7. Jahrh. vor Chr. Abel Remusat hat 1819 eine interessante Schrift über diesen Gegenstand bekannt gemacht. Von diesen interessanten chines. Beobachtungen möge Folgendes als Beispiel dienen: 644 v. Chr. im Frühjahr im ersten Monde am Tage Ou-Chin des Neumondes fielen 5 Steine im Königr. Saung (Ho-non). 211 v. Chr. fiel eine Sternschnuppe (Feuerkugel) zu Toung-kiun und als sie zur Erde kam, verwandelte sie sich in Stein. Man gravirte auf den Stein: „der Kaiser wird sterben und sein Reich wird getheilt werden.“ Der Kaiser ließ die Urheber dieses Betrugs strafen und den Stein verbrennen (durch Feuer zerstören). 32 v. Chr. im neunten Monde am Tage Ou-tseu ging eine Feuerkugel vom großen Bären aus; ihr Licht war weiß und ihr Glanz erleuchtete die Erde. Sie hatte eine längliche Gestalt von 40 F. Länge, und bewegte sich wie eine Schlange. Nachher wuchs sie bis zur Länge von 50 oder 60 F. rc. 2. n. Chr. im 6. Monde fielen zwei Steine zu Kiu-lou. Seit der Zeit von Hoeï-te zählt man 11 Steinfälle, die alle von Lichterscheinung und von einem Getöse wie das des Donners begleitet waren. 310 im 10. Monde am Tage Keng-tseu fiel im N. W. eine Sternschnuppe mit Getöse, man ließ sie suchen und der Kaiser erhielt davon Stücke zu Phingyang. 333 fiel 6 Mln. nordwestl. von Ye eine Sternschnuppe, anfangs von rothschwärzlicher Farbe. Eine gelbe Wolke dehnte sich wie ein Vorhang mehre hundert Schritte weit aus. Man vernahm ein Getöse, wie das des Donners. Als sie zur Erde fiel war sie glühend, der Staub flog gen Himmel. Arbeiter, die sie fallen sahen, suchten sie auf; die Erde war noch heiß. Sie sahen einen wenigstens 1 F. breiten Stein von schwärzlicher Farbe u. ziemlich leicht, welcher geschlagen wie das Instrument King tönte. 1057 fiel im 1. Monde zu Hoang-lieï in Corea ein Stein mit starkem Getöse. Derselbe wurde an den Hof geschickt, und dieser nahm ihn als etwas nicht Unerhörtes, ohne Vorbedeutung auf. 1516 im 12. Monde am 25. Tage fielen zu Chun-king-fou in der Provinz Sse-tchhouan ohne vorhergehenden Wind oder Wolken plötzlich unter Donnergetöse 6 Steine. Die schwersten wogen 15 bis 17 Pfd., die kleinsten 1 Pfd bis 10 Unzen. Ueberhaupt wurden in China in den verschiedenen Jahrhunderten folgende Steinfälle beobachtet: Im VII. Jahrh. vor Chr. 2, im III. 1, im II. 1, im I. 11, im I. Jahrh. nach Chr. 4, im II. 4, im III. 3, im IV. 11, im V. 2, im VI. 11, im VII. 11, im VIII. 7, im IX. 14, im X. 11, im XI. 14, im XII. 6, im XIII. 1, im XVI. 1.

sie wiegt noch 1270 russische Pfd.). Ein in Eibenstock und Johanngeorgenstadt gefundenes Stück. Eine vielleicht aus Norwegen gekommene Masse, welche im kaiserl. Cabinet zu Wien aufbewahrt wird. Eine kleine, 4 Pfd. wiegende Masse, gegenwärtig in Gotha. Eine 1751 zu Agram herabgefallene Masse. Aehnliche Stücke wurden gefunden auf dem rechten Ufer des Senegal; auf dem Kap der guten Hoffnung; in Mexiko in verschiedenen Gegenden; in der Provinz Bahia in Brasilien; in der Gerichtsbarkeit von St. Jago del Estero; zu Ellbogen in Böhmen (s. oben); bei Lenarto in Ungarn; mehre in Nordamerika gefundene Massen; in den Umgebungen von Bitburg ohnweit Trèves (wiegt 3300 Pfd.); bei Brahin in Polen; in der Republik Columbien, auf den östlichen Cordilleras des Andes; in einiger Entfernung von der Nordküste der Baffinsbai an einem Orte Sowallik (zwei Massen: die eine scheint solid, die andere steinig und mit Eisenstücken gemengt, aus denen die Esquimaux eine Art Messer verfertigen). Vielleicht gehört hierher eine große etwa 40 F. hohe Masse im östlichen Asien, von der die Mongolen, welche sie Khadasutsilao d. h. Felsen des Pols nennen, sagen, daß sie in Folge eines Feuermeteors herabgefallen sei. Zweifelhaft sind eine Masse bei Aix la Chapelle, welche Arsenik enthält, eine im Mailändischen gefundene Masse und die bei Groskamsdorf gefundene Masse mit etwas Blei und Kupfer. Meteorischen Ursprungs sind ferner wahrscheinlich: eine im Dorf la Caille bei Grosse im Dep. du Var liegende Eisenmasse von 10 bis 12 Centner Gewicht; Eisenmassen in der Wüste Ataçama in Chili; eine bei Bohumiliz in Böhmen 1829 gefundene Eisenmasse (103 Pfund schwer); eine Masse von der Riviere Rouge in Louisiana; eine eiserne Keule im Lamakloster Sera in Tibet, welche als Heiligthum bewahrt wird; der schwarze Stein in der Kaaba zu Mekka.

Sterne und Sternbilder. Sterne sind die am nächtlichen Himmel erscheinenden leuchtenden Weltkörper, welche in **Fixsterne**, **Planeten**, **Nebenplaneten** u. **Kometen** (s. d. Art.) eingetheilt werden.

Sternbilder heißen die Gruppen von Fixsternen, welche man unter einem gemeinschaftlichen Namen zusammengefaßt hat, um das Heer der Fixsterne leichter übersehen zu können. Die Namen der wichtigsten Sternbilder, welche auf der nördlichen Halbkugel erblickt werden, stammen aus den ältesten Zeiten, so daß man ihren Ursprung nicht kennt. Doch knüpft sich die Mythologie und mythische Geschichte der alten Völker zum Theil an diese Namen an, so daß auch in ihnen ein Beweis von der naturwissenschaftlichen Bedeutung der ältesten Religionen liegt. Später haben neu entdeckte Sterngruppen Namen erhalten und behalten, die sich theils auf wichtige, besonders naturwissenschaftliche Entdeckungen, theils auf historische Personen bezogen. Vergebens sind einige Versuche gemacht worden, die alten Namen der Sternbilder durch neue, zum Theil sehr abgeschmackte zu verdrängen. So wollte z. B. ein Astronom des 16. Jahrh. die Wappen aller Adligen an den Himmel versetzen, und **Julius Schiller** in Augsburg gab 1627 einen christlichen Sternenhimmel (Coelum stellatum Christianum ad

majorem ecclesiae triumphantis gloriam) heraus, in dem die Namen der Heiligen der katholischen Kirche prangten. Die 12 Sternbilder des Thierkreises (s. d. Art.) sind durch ihre Beziehung auf den Sonnenlauf die wichtigsten. Außer ihnen kannten die Alten noch 36 Sternbilder von denen 21 der nördlichen, 15 der südlichen Halbkugel angehören. Die alten nördlichen Sternbilder. 1) Cassiopeja, 2) Andromeda, 3) das nördliche Dreieck, 4) Perseus und der Medusenkopf, 5) der Fuhrmann mit der Ziege, 6) der große Bär, 7) der kleine Bär, 8) der nördliche Drache, 9) Bootes oder der Bärenhüter, 10) die nördliche Krone, 11) Herkules, 12) Ophiuchus oder der Schlangenträger, 13) die Schlange des Ophiuchus, 14) die Leier mit dem Geier, 15) der Adler, 16) der Schwan, 17) der Pfeil, 18) der Delphin, 19) das kleine Pferd, 20) Pegasus und 21) Cepheus. — Die alten südlichen Sternbilder. 1) der Wallfisch, 2) der große Hund, 3) der kleine Hund, 4) die große Wasserschlange, 5) der Becher, 6) der Rabe, 7) der Wolf, 8) der Centaur, 9) das Schiff Argo, 10) die südliche Krone, 11) der südliche Fisch, 12) der Hase, 13) der Altar, 14) der Fluß Eridanus und 15) Orion. Diesen haben spätere Astronomen noch folgende neuere Sternbilder hinzugefügt. 1) Antinous, 2) das Haupthaar des Berenice; diese beiden Sternbilder, deren Erfinder man nicht näher kennt, und die auch die Griechen nicht erwähnen, sind von Tycho wieder eingeführt, und allgemein angenommen worden; 3) die Carlseiche, 4) die Taube, 5) das Kreuz, 6) der Sobieskische Schild, 7) das Einhorn, 8) die Giraffe oder das Camelopard, 9) der uranische Sextant, 10) die Jagdhunde, 11) der kleine Löwe, 12) der Luchs, 13) der Fuchs mit der Gans, 14) die Sterneidechse, 15) das kleine Dreieck, 16) die Fliege beim Widder, 17) Cerberus bei Herkules, 18) die amerikanische Gans, 19) der Phönix, 20) die kleine Wasserschlange, 21) der Schwertfisch oder Dreieck, 22) der fliegende Fisch, 23) das Chamäleon, 24) der Paradiesvogel, 25) das südliche Dreieck, 26) der Pfau, 27) der Indianer, 28) der Kranich, 29) der Berg Mänalus bei Bootes, 30) das Herz Carls II., 31) das Rennthier, 32) der indianische Vogel oder der Einsiedler, 33) der Poniatowskische Stier, 34) der Erntehüter oder Messier, 35) der Mauerquadrant, 36) das brandenburgische Scepter, 37) Friedrichs-Ehre, 38) die Georgsharfe, 39) das Herschelsche Teleskop, 40) der Luftballon, 41) die Buchdruckerwerkstatt, 42) die Elektrisirmaschine, 43) das Log mit der Leine, 44) die Bildhauerwerkstatt, 45) der chemische Ofen, 46) die Pendeluhr, 47) das rhomboidische Netz, 48) der Grabstichel, 49) die Malerstaffelei, 50) der Seecompaß, 51) die Luftpumpe, 52) der See-Octant, 53) der Zirkel, 54) Lineal und Winkelmaß, 55) das astronomische Fernrohr, 56) das Mikroskop, 57) der Tafelberg, 58) die Setzwage. Demnach zählen wir 48 alte und 58 neue, zusammen 106 Sternbilder des Himmels.

Namentlich die Araber haben auch den einzelnen großen Sternen des Himmels besondere Namen beigelegt. Man bezeichnete sie überdieß nach den Stellen, die sie in den verschiedenen Sternbildern einnahmen. Joh. Bayer führte in seinen Himmelscharten (Augsburg 1603) die

bis jetzt noch beibehaltene Bezeichnungsart nach den großen und kleinen Buchstaben des griech. und lat. Alphabets ein. Die alten Namen sind mit der neueren Bezeichnung in folgendem Verzeichnisse zusammengestellt.

Acrab, β Scorpii.
Acharnar, α Eridani.
Alamak, γ Andromedae.
Albireo, β Cygni.
Alchiba, α Corvi.
Alcyone, η Pleiadum.
Aldebaran, α Tauri.
Alderamin, α Cephei.
Algenib, γ Pegasi.
Algieba, γ Leonis.
Algol, β Persei.
Alhena, γ Geminorum.
Alioth, ε Ursae maj.
Alkaid, η Ursae maj.
Alphard, α Hydrae.
Alrami, α Sagittarii.
Alschain, β Aquilae.
Altair, α Aquilae.
Alula, γ Ursae maj.
Antares, α Scorpii.
Arktur, α Bootis.
Arneb, α Leporis.
Asellus bor., γ Cancri.
Asellus austr., δ Cancri.
Bellatrix, γ Orionis.
Beteigeuze, α Orionis.
Canopus, α Argo navis.
Capella, α Aurigae.
Castor, α Geminorum.
Chaph, β Cassiopeiae.
Cursa, β Eridani.
Deneb, α Cygni.
Denebola, β Leonis.
Diphda, β Ceti.
Dubhe, α Ursae maj.
Elektra, b Pleiadum.
Enif, ε Pegasi.
Fomalhaut, α Piscis austr.
Gemma, α Coronae bor.
Giedi, α Capricorni.
Hamal, α Arietis.
Izar, ε Bootis.
Kiffa austr., α Librae.
Kocab, β Ursae min.
Markab, α Pegasi.
Megrez, δ Ursae maj.
Menkab, α Ceti.
Merak, β Ursae maj.
Merope, d Pleiadum.
Mesarthim, γ Arietis.
Mirach, β Andromedae.
Mirfok, α Persei.
Mirza, β Canis maj.
Mizar, ζ Ursae maj.
Nath, β Tauri.
Phekda, γ Ursae maj.
Pleione, h Pleiadum.
Pollux, β Geminorum.
Praesepe, ε Cancri.
Procyon, α Canis min.
Ras-Algeti, α Herculis.
Ras-Alage, α Ophiuchi.
Regulus, α Leonis.
Rigel, β Orionis.
Ruccabah, α Ursae min.
Scheat, β Pegasi.
Schedir, α Cassiopeiae.
Sertan, α Cancri.
Sheliak, β Lyrae.
Sirra, α Andromedae.
Sirius, α Canis maj.
Spica, α Virginis.
Sulaphat, γ Lyrae.
Taygeta, e Pleiadum.
Thuban, α Draconis.
Vindemiatrix, β Virginis.
Wega, α Lyrae.
Wezen, δ Canis maj.
Zaurak, γ Eridani.
Zavijava, β Virginis.

Der Aldebaran heißt auch Palilicium und ist der größte Stern unter den Hyaden. Alcyone ist der größte unter den Pleiaden

(Gluckhenne). Spica wird auch Kornähre oder Azimech genannt, Ruccabah auch der Polarstern. Ueber Mizar im großen Bären steht das Reuterlein. Der große Bär heißt auch der Wagen und die drei Sterne δ, ε, ζ im Gürtel des Orion nennt man den Jacobstab.

Das Funkeln der Sterne, welches nicht immer, sondern nur zuweilen auftritt und in einer zitternden Bewegung, einem augenblicklichen helleren Aufglänzen vor den übrigen Sternen besteht, entsteht durch Ungleichheiten in den Luftschichten, durch welche das Licht der Sterne dringen muß, ehe es unser Auge trifft. Eine ähnliche zitternde Bewegung nehmen wir an Gegenständen war, nach denen wir über ein Kohlenfeuer, über brennenden Spiritus oder eine heiße Fläche hinsehen. Die Fixsterne zeigen das Funkeln lebhafter als die Planeten, weil sie für unse Auge, auch wenn es mit Gläsern bewaffnet ist, als wahrhafte Punkte erscheinen und daher die kleinste scheinbare Verrückung leichter gewahren lassen als die einen, wenn auch geringen Durchmesser zeigenden Planeten. In der heißen Zone kommt der Luftzustand, welcher das Funkeln bedingt, natürlich häufiger vor als bei uns, und derselbe steigert sich zuweilen so, daß nach Humboldt die Sterne nicht nur zu funkeln, sondern hin und herzufliegen scheinen.

Die Lage der Sterne am Himmel, ihr Ort, wird astronomisch entweder durch Breite und Länge (s. d. Art.) bestimmt, oder durch Höhe und Azimuth (s. d.), oder endlich durch Rectascension und Declination. Man zählt nämlich auf dem Aequator vom Frühlingspunkte ab in der Richtung von Abend nach Morgen bis zu 360° die Abstände der Stunden oder Declinationskreise (Abweichungskreise, s. d. Art. Abweichung, astronomische). Diese Abstände heißen Rectascensionen oder gerade Aufsteigungen. Will man nun die Lage eines Sternes bestimmen, so gibt man seine nördliche oder südliche Declination, d. h. seinen Abstand vom Aequator nach Norden oder Süden, und seine Rectascension an, d. h. den Abstand des Frühlingspunktes von demjenigen Punkte, in welchem der Declinationskreis des Sternes den Aequator schneidet.

Man hat die Sterne und Sternbilder sowohl auf Himmelsgloben als auf Sternkarten in der Weise verzeichnet, daß die Sterne nach ihrer Größe und ihren verhältnißmäßigen Abständen, auch mit ihren Namen eingetragen und unter einander durch Linien zu denjenigen Figuren verbunden sind, welche ihre Namen bezeichnen. Doch wird man sich nach diesen Figuren, welche oft gar keine Aehnlichkeit mit den Sterngruppen selbst haben, schwerer eine Kenntniß des Sternenhimmels zu verschaffen vermögen, als wenn man sich die Sternbilder und einzelnen Sterne nach ihrer gegenseitigen Lage, das heißt die geraden Linien merkt, welche die verschiedenen Sternbilder unter einander in Verbindung setzen.*) Um sich mit Hilfe eines Himmelsglobus (s. d. Art.)

---

*) Man hat Sternkarten auf denen diese Linien (Alignements) statt der Umrisse der Figuren angegeben sind, z. B. in Littrow's „der Him-

während einer sternhellen Nacht am Himmel zu orientiren, stellt man denselben so auf, daß sein Pol die bekannte Polhöhe des Beobachtungsortes über dem künstlichen Horizonte hat, dieß geschieht, indem man den messingenen Meridian des Globus dreht. Dann bringt man den Ort der Sonne in der Ekliptik für den gegebenen Tag unter den messingenen Meridian, stellt den Index des Stundenzeigers (der Rose) auf 12 Uhr Mittag, und den Globus selbst mit seinem Gestell so, daß der Nordpol desselben gegen den Polarstern*) gerichtet ist. Nun endlich dreht man den Globus im Meridiane, bis der Index die Stunde der Nacht anzeigt, während welcher man eben beobachten will. Nachdem die künstliche Himmelskugel auf diese Weise orientirt worden, stehen auf ihr alle Sterne in derselben Lage gegen den Mittelpunkt und den Horizont, in welcher die wirklichen Sterne gegen den Beobachtungsort und den Horizont desselben stehen, und man kann durch Vergleichung des Himmels mit dem Globus die Namen der Sternbilder u. Sterne kennen lernen.

Zu den schönsten und richtigsten Sternkarten gehören: Flamstead's Atlas coelestis (28 Blätter, Fol., London 1729); Bode's Vorstellungen der Gestirne (34 Quartblätter mit einem Verzeichniß von 5058 Sternen, Berlin 1782, zweite Ausgabe mit einem Verzeichniß von 5877 Sternen, Berlin 1805); Goldbach's Himmelsatlas (27 Doppelblätter in 4., Weimar 1799, besonders zum Unterricht eingerichtet); Bode's Charten zu der in vielen Ausgaben erschienenen „Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels;" Bode's Uranographie (26 Blätter in gr. Fol., Berlin 1801, mit einem Katolog von 17240 Sternen); Meigen: „Der gestirnte Himmel sammt Beschreibung desselben" (Düsseldorf 1823, ein Abdruck des vorigen in kleinerm Format, groß 4.); Riedig's Himmelsatlas (20 Blätter, noch kleinerer Abdruck des Bodeschen Werkes, Leipzig 1831); Hardings Atlas novus coelestis (27 Karten 1822). Ein großartiges Werk geht seit 1825 von der berliner Akademie aus, welches alle vorhandenen an Genauigkeit übertrifft. Die Karten erscheinen in Berlin unter dem Titel: „Akademische Sternkarten u. s. w. Verzeichniß der von Bradley, Piazzi, Lalande und Bessel beobachteten Sterne u. s. w." Die ausgezeichnetsten Astronomen sind Mitarbeiter.

Sternschnuppen heißen die sehr gewöhnlich vorkommenden leuchtenden Meteore, welche gewöhnlich nur am nächtlichen Himmel bemerkt werden, und im Allgemeinen in einem sich mit großer Geschwindigkeit bald in dieser bald in jener Richtung, bald in gerader bald in gekrümmter Linie sich bewegenden leuchtenden Punkte bestehen, der in größerer oder geringerer Höhe über der Erde verschwindet. Einige Sternschnuppen haben eine leuchtende Bahn, die bisweilen mit ihnen zusam-

---

mel, seine Welten und Wunder." Die alten Sterncharten der Chinesen enthalten ebenfalls solche Alignements.

*) Vergl. d. Art. Circumpolarsterne.

menhängt, bisweilen auch von ihnen getrennt ist, und stets erst einige Zeit nach dem leuchtenden Punkte, zuweilen einige Secunden später, verschwindet. Benzenberg und Brandes, welche viele Beobachtungen über Sternschnuppen angestellt, unterscheiden drei Arten derselben: 1) Sternschnuppen erster und zweiter Größe, welche die größte Aehnlichkeit mit den Feuerkugeln (s. d. Art.) haben, u. bei denen man eine leuchtende Kugel unterscheidet, die gewöhnlich von der erst nach ihnen erlöschenden Bahn getrennt ist. 2) Sternschnuppen erster und zweiter Größe, aber ohne Kugel mit einer leuchtenden Bahn, welche nach dem Verschwinden des bewegten Punktes vom äußersten Ende anfangend, bald erlischt. 3) Kleinere Sternschnuppen von dritter bis sechster und noch geringerer Größe. Daß die Sternschnuppen nur bei Nacht erblickt werden, hat ohne Zweifel seinen Grund, in dem gegen ihr eigenes Licht zu hellen Sonnenlichte, welches auch die Sterne verdunkelt. Doch kommen auch Fälle von am Tage erblickten Sternschnuppen vor. So sah Hansteen am 23. August 1823 um Mittag eine Sternschnuppe durch das Feld seines Fernrohres gehen, und Gassendi erzählt, daß er an einem heitern Vormittage eine Sternschnuppe gesehen habe. Der Schweif der Sternschnuppen ist nicht eine Augentäuschung, wie z. B. der feurige Ring, den eine umgeschwungene glühende Kohle erblicken läßt. Hiergegen sprechen mehre Umstände, unter andern, daß zuweilen der Schweif ohne die Kugel erscheint, und daß der Schweif sich allmählig krümmt. Von ihm gibt Brandes folgende nähere Beschreibung. „Er ist gewöhnlich länger sichtbar, als die Sternschnuppe selbst, und auch sein Verschwinden geschieht meistens nicht so plötzlich, als das des Kerns. Fast alle Zeit hörte mit dem Verschwinden des Kerns die Bewegung des Schweifes auf, sehr selten rückte er allein noch fort und nur einmal sahen wir einen Schweif, der nach etwa 15 Secunden Dauer sich seitwärts krümmte, und sich gleichsam zusammen zu rollen schien. Sein Licht ist gewöhnlich viel blasser als das des Kerns; es schien zuweilen an den Seiten des Schweifs stärker, als in der Mitte, und insbesondere bemerkte man einigemal, daß die Mitte des Schweifes schon dunkel war, wenn beide Seiten noch ihrer ganzen Länge nach sichtbar blieben. Sehr oft erstreckt der Schweif sich nicht bis zur Sternschnuppe, sondern zwischen beiden ist gewöhnlich ein beträchtlich dunkler Raum, wodurch der Schweif ganz das Ansehen verliert, als ob es bloß zurückgebliebene Theile des Kerns wären; eher schien diese Erscheinung auf die Idee zu leiten, daß hier ein Prozeß eingeleitet werde, der einen Augenblick Zeit bedürfe, um in rechten Gang zu kommen.“ Die Höhe der Sternschnuppen ist sehr verschieden. Man berechnet sie nach den Winkeln, unter denen sie zwei Beobachter von verschiedenen Standpunkten aus erblicken. Brandes erste Beobachtungsreihe ergab verschiedene Höhen von 3½ bis zu 30 Meilen, und bei einer zweiten Beobachtungsreihe (1823) bemerkte man 4 Sternschnuppen von 1 bis 3 Meilen, 15 von 3 bis 6 Meilen, 22 von 6 bis 10 Meilen, 35 von 10 bis 15 Meilen, 13 von 15 bis 20 Meilen, 11 über 20 Meilen, und zwar 3 von etwa 30, eine von 45,7, eine von etwa 60 und eine von mehr als 100 Meilen Höhe. Bei 36 wurden die Bahnen berechnet,

von ihnen gingen 26 mit mehr oder weniger Abweichung in der Verticallinie herab, 9 aufwärts und zwar betrug der Neigungswinkel gegen den Horizont 16°, 68°, 45°, 39°, 10′, 6°, 6°, 39° und 14°, eine war horizontal. Die meisten Bahnen gingen in südwestlicher Richtung, hatten folglich eine der Bewegung der Erde entgegengesetzte Richtung. Die Geschwindigkeit der Sternschnuppen war zwischen 4 bis 8 Meilen in der Secunde, mithin beinahe noch einmal so groß als die Geschwindigkeit der Erde im Weltraume. Die Menge der Sternschnuppen ist zuweilen in einer Nacht sehr groß. So erzählt Brandes, daß er am 5ten Theile des Horizonts in einer Nacht 480 erblickte. Nach Benzenberg ist die mittlere Zahl jeder Nacht 30 bis 50. Wie es scheint sind sie im Allgemeinen an keine Jahreszeit, keine Witterung u. s. f. gebunden. Indeß hat man doch in neuester Zeit in dieser Hinsicht eine höchst merkwürdige Entdeckung gemacht. Man hat nämlich gefunden, daß die merkwürdigsten Sternschnuppenerscheinungen, wo dieselben in großer, zum Theil unzählbarer Menge auftreten, in mehren Jahren um die Mitte (um den 12.) November stattfanden. Diese Erscheinungen sind folgende: 1799, 11. bis 12. Nov. beobachtet zu Cumana von A. v. Humboldt, in Grönland von den mährischen Brüdern, in Deutschland von mehren Personen. — 1822, 12. bis 13. Nov. beobachtet zu Potsdam von Klöden. — 1831, 12. bis 13. Nov. beobachtet von Bérard. — 1832, 12. bis 13. Nov. beobachtet im ganzen mittleren und nördlichen Europa, selbst mitten in Rußland im Gouv. Kursk. — 1833, 12. bis 13. Nov. beobachtet in Nordamerika, besonders in den Vereinigten Staaten. — 1834, 13. bis 14. Nov. ebendaselbst und in Mähren. — 1835, 13. Nov. Meteorsteinfall, beobachtet im Dep. Ain von d'Aubenton.*) Von der Art dieser

*) Nachrichten von andern großartigen Sternschnuppenfällen sind folgende. 533 (ohne Angabe des Tages) sah man vom Abend bis Morgen Sternschnuppen in solcher Menge, daß es großen Schrecken erregte, und man glaubte nie so etwas Wunderbares gesehen zu haben. — 763 im März, glaubte man (wegen der großen Menge von Sternschnuppen, die sich zeigten), das Ende der Welt sei da. — 1096 (ohne Angabe des Tages) zeigten diese Meteore sich mehre Nächte hindurch, so daß man glaubte, es regneten Sterne vom Himmel. — In Wilken's Geschichte der Kreuzzüge heißt es: Schon vor dem Concil zu Clermont hatten die Sterne die Bewegung der Christenheit angezeigt, denn unzählige Augen sahen sie in Frankreich am 25. April 1095 vom Himmel fallen, so dicht wie Hagel. — Brandes sah in der Nacht vom 6. December 1798 viele tausend Sternschnuppen, und Chladni sagt, daß sich am Abend des 10. Aug. 1815 ungeheuer viele Meteore der Art gezeigt haben sollen.

Entschieden tritt die Bedeutung des Novembers hervor, wenn man sieht, wie viele Feuermeteore gerade am dreizehnten d. M. oder kurz vor- und nachher beobachtet worden sind. Die Zahl derselben ist gar nicht gering. — 1684, Nov. 13., große Feuerkugel mit langem Schweif zwischen

merkwürdigen Erscheinungen werden einige Beschreibungen, welche zum Theil neue Thatsachen enthalten, welche sich auf den Ursprung dieser Meteore beziehen, eine nähere Vorstellung geben. Eine der merkwürdigsten Sternschnuppenerscheinungen ist die vom 12. Nov. 1799, bei welcher eine wahrhaft unglaubliche Menge größerer und kleinerer Sternschnuppen, mit und ohne Schweife, anhaltend herabfielen und zugleich aus solchen Höhen, daß das Phänomen gleichzeitig zu Cumana durch Bonpland zu Portobello, Guiana, Bahama, Nain in Labrador, Lichtenau in Grönland und zu Ittersädt bei Weimar gesehen wurde, was eine Höhe von mindestens 410 Meilen erfordert. Die Erzählung von dem, was an den beiden entferntesten Punkten gleichzeitig von vielen Personen gesehen wurde, stimmt so genau überein, daß an der Identität des Gesehenen gar nicht gezweifelt werden kann. Nach von Humboldt folgten Tausende von Feuerkugeln und Sternschnuppen einander 4 Stunden lang; sie nahmen ihre Richtung von Nord nach Süd und füllten am Himmel einen Ort, welcher gerade von Osten aus sich an jeder Seite bis 30 Grade hin erstreckte. Sie stiegen ost-nordöstlich und östlich über den Horizont, beschrieben ungleich große Bogen und fielen im Süden herab; einige erreichten bis 40 Grad Höhe, alle über 25 bis 30. Sie ließen sämmtlich leuchtende Spuren von 5 bis 10 Grad Länge zurück, deren Licht 7 oder 8 Secunden dauerte; einige derselben schienen zu bersten, die größten jedoch verschwanden ohne Funkensprühen und manche hatten einen großen, dem Jupiter an Lichtglanz

---

Joachimsthal und Gottesgabe. — 1761, Nov. 12., 4^h 45′, große, mit heftigem Knalle zerspringende Feuerkugel, die bei Dijon ein Haus anzündete. — 1791, Nov. 12., Morg. 6^h 39′, spindelförmige Lichterscheinung von Lichtenberg in Göttingen gesehen. — 1799, Nov. 12., Morg. 6^h (also zur Zeit des von v. Humboldt in Amerika, von den mährischen Brüdern in Grönland und von mehren Personen in Deutschland gesehenen Meteors), Feuerkugel in England, die mit zischendem Geräusche ging und endlich zerplatzte. — 1803, Nov. 13., Abends $8\frac{1}{2}^h$. Sehr ausgezeichnete Feuerkugel in England. — 1813, Nov. 10., Abends 6^h 40′ in England ein zugleich rauchendes und leuchtendes Meteor. — Am 8. Nov. ein ungewöhnliches blaues, das Mondlicht verdunkelndes Leuchten. Am Abend desselben Tages sehr viele Sternschnuppen. — 1818, Nov. 13., Abends 7¾ Uhr. Blau leuchtendes und Funken sprühendes Feuermeteor in England. — 1819, Nov., 13. Abends 7 Uhr. Sehr ungewöhnliche Feuerkugel auf Haiti (eine andere am 14. in Böhmen und eine dritte am 18. in England; endlich am 19. (oder 21.) das von Bowditch berechnete Meteor nebst vielen Sternschnuppen in Nordamerika). — 1820, Nov. 12., Nachm. 4 U. Feuerkugel mit Gewitter in Rußland, Gouvernement Kursk. — 1822, Nov. 11., Feuerkugel in Freiberg, — am 12. große Sternschnuppen in Potsdam, — am 15. Feuerkugel in Apenrade. — 1824, Nov. 13. bis 14., Nachts. Feuerkugel in Mainz. — 1825, Nov. 14., Abends 8 Uhr. Feuermeteor mit Explosion in Schottland.

gleichen Kern, aus welchem Funken sprühten. Ihr Licht erschien weiß, was v. Humboldt zunächst für eine Folge des heitern Himmels zu Cumana hält, wo damals kein Wölkchen die Atmosphäre trübte. Gleichzeitig sah man zu Nain und Hoffenthal zahllose Feuerkugeln, deren einige eine halbe Elle im Durchmesser zu haben schienen, nach allen vier Himmelsgegenden zur Erde herabfallen. Die Erscheinung wurde auch zu Neu-Herrnhut und Lichtenau in Grönland auf eine Entfernung bis zu 100 Meilen über die Davis-Straße hin gesehen und schreckte die Eskimos.

Den zahlreichen Berichten zufolge, welche Nöggerath u. Gautier über das Phänomen 1832 gesammelt haben und welche im Wesentlichen mit einander übereinstimmen, zeigten sich während der Nacht vom 12. auf den 13. Nov., an den südlichen Orten von neun Uhr Abends bis zum Anbruch des Tages, Hunderte von Sternschnuppen, untermischt mit vielen kleineren und größeren Feuerkugeln, welche sich in allen Richtungen bewegten, oft auch auf- und niederwärts, bogenförmig oder gegen einander flogen, lange feurige Schweife nach sich zogen, aus denen zuweilen Funken und Lichtbüschel seitwärts hervorschossen, dabei außerordentlich stark, oft mehre Minuten lang, und unter Veränderung ihrer Gestalt, merklich mit Farbe leuchteten. Der Schauplatz dieses Phänomens ist sehr groß gewesen. Man hat es beobachtet in England (namentlich Portsmouth, Sheffield und Malvern; am letztern Ort sah Maton innerhalb fünf Minuten 48 Meteore) in Frankreich (an mehren Orten im Dep. Calvados und de l'Orne, zu Saint-Lonthain im Dep. du Jura, zu Grenoble), in der Schweiz (in und um Genf, zwischen Aubonne u. Lausanne, im Unter-Simmenthal, Kanton Bern), in Süddeutschland (Frankfurt a. M., Stuttgart, Carlsruhe) in Belgien (Brüssel und Lüttich), in den Rheingegenden (Trier, Cöln, Düren und mehren Orten des Regierungsbezirks Aachen, Düsseldorf — wo Custodis von 4 bis 7 Uhr Morgens 267 Sternschnuppen und darunter 40 bis 50 erster Größe sah — Schwelm, Lennep), in Westphalen (Salz-Uffeln, wo R. und W. Brandes dasselbe beobachteten — ferner in Berlin, Warschau, Riga, Petersburg, Odessa, zu Suczawa in der Bukowina (wo nach Rohrer's Beobachtung die Sternschnuppen mitunter so zahlreich fielen, daß es einem förmlichen Feuerregen zu vergleichen war). *)

*) Die Nachricht aus Sudsha im russ. Gouv. Kursk von Dmitrjukow spricht sich folgendermaßen aus. In der Nacht zum 13. Nov. 1832, um 5 Uhr nach Mitternacht, wurde ich von meinen Hausgenossen geweckt, um eine in hiesiger Gegend seltene Erscheinung zu betrachten. Der Himmel war heiter, gestirnt u. mondhell, die Lufttemperatur — 7° R. In der Nähe des Horizonts zeigte sich, wie ein Gürtel, eine blaßweißliche Wolke, mit mehr oder minder hellen purpurrothen Stellen, ähnlich dem Dämmerungslicht oder dem Abglanz einer entfernten Feuersbrunst, es ließ, wie wenn ringsum am Himmel die Sonne aufgehen wollte. An den höher gelegenen Theilen des Himmelsgewölbes, auf dem blauen Grunde, zeigten sich bewegte Meteore, an Helligkeit den

Höchst merkwürdig war das Phänomen von 1833. Ueber dasselbe hat Olmsted, Prof. zu New-Hafen im Staate Connecticut Nachrichten aus verschiedenen Gegenden eingesammelt, es auch selbst beobachtet. Die Namen und Lagen der Beobachtungsorte sind folgende: 1) Boston in Massachusets, N. Br. 42° 21′, W. L. 71° 4′ (von Greenwich, wie alle folgende Längen). — 2) New-Hafen, in Connecticut, N. Br. 41° 18′, W. L. 72° 58′. — 3) Westpoint, N. Br. 41° 24′, W. L. 73° 57′. — 4) Worthington, in Ohio, N. Br. 40° 4′, W. L. 83° 3′. — 5) Annapolis, in Maryland, N. Br. 39°, W. L. 76° 43′. — 6) Emmittsburg, in Maryland, N. Br. 39° 40′, W. L. 77° 10′. — 7) Frederik, in Maryland, B. Br. 39° 24′, W. L. 77° 28′. — 8) Bowling-Green, in Missuri, N. Br. 39° 20′, W. L. 91°. — 9) Lynchburg, in Virginien, N. Br. 37° 30′, W. L. 79° 22′. — 10) Salisbury, in Nord-Carolina, N. Br. 35° 39′, W. L. 80° 25′. — 11) Augusta in Georgien, N. Br. 33°, W. L. 82′. = Kürzere Notizen erhielt er ferner aus Long-Island, Sound, Hartford, New-York, Washington, Richmond, Niagara-Falls, Charleston, Poland (Ohio), Georgia u. Macon (Georgien),

---

Sternen gleich; sie bewegten sich in verschiedenen Richtungen, wie Sternschnuppen oder herabfallende Raketen. Ihr Erscheinen war nicht so augenblicklich, wie das des Blitzes, sondern dauerte zwei bis drei Secunden, bisweilen aber auch mehre Minuten. Bisweilen war die scheinbare Breite dieser Lichtmeteore gleich der (scheinbaren) Breite einer Hand und auch noch größer; die scheinbare Längenausdehnung senkrecht gerichteter Streifen betrug aber oft 90 Grad. Im Allgemeinen bemerkte man keine Beständigkeit in der Richtung; man sah dergleichen Meteore bald von Ost vertical gegen den südlichen oder nördlichen, bald vom südlichen zum östlichen oder westlichen Himmel sich bewegen. Einige begannen ihr Fallen vom Zenith aus und niedriger nach verschiedenen Seiten; nur sehr wenige bewegten sich in Verticalkreisen. Die Bahn der meisten bildete spitze Winkel mit dem Horizonte: parallel mit dem Horizonte erscheinende Bewegungen wurden nicht bemerkt. Bisweilen erschienen gleichzeitig Meteore, die von verschiedenen Punkten, doch keine, die von Einem Punkte ausgingen; bisweilen gab es auch mehre Minuten lang keine dergleichen Phänomen. Die größeren derselben erleuchteten auf mehre Minuten einen ansehnlichen Theil des Horizonts. Beim Auflösen eines jeden fallenden Meteors sprühte eine blaßviolette Flamme aus; der untere Endpunkt, und mehr noch der mit Sternenlicht glänzende Bahnstreifen selbst, war bisweilen bläulich oder grünlich u. verlöschte dann; mitunter sah man ihn aber auch eine gekrümmte Form annehmen, dabei purpurroth werden und nur sehr allmälig ausblassen. — Manche Einwohner in Sudja haben diese Erscheinung früher als ich gegen 3 Uhr nach Mitternacht und noch früher gesehen; damals ist das Licht der Meteore so intensiv und anhaltend gewesen, daß es, wie der Ausbruch einer nahen Feuersbrunst, das Innere der Zimmer erleuchtet hat. Die ganze Erscheinung hat man bis zum völligen Ausbruch des Tages fortdauern sehen. Die Anzahl der fallenden Meteore ist äußerst groß gewesen.

Natchez (Missouri) und mehren andern Punkten der Vereinigten Staaten. Ueberdies flossen ihm auch Schiffernachrichten zu, und darunter besonders zwei recht wichtige: die eine vom Kapitain Gideon Parker, der sich zur Zeit des Meteors mit dem Schiffe Junior im Golf von Mexico unter 26° N. Br. und 85° 20′ W. L. befand, und die andere vom Kapitain des Schiffes Tenessee, damals gleichfalls im mexicanischen Meerbusen, unter 23°½ N. Br. u. 82° W. L. segelnd. — Rechnet man zu allen diesen Punkten noch Halifax in Neu-Schottland, Matanzas auf Cuba und Kingston auf Jamaica, so würde das Gebiet der Sichtbarkeit des Phänomens, soweit es bis jetzt bekannt geworden ist, sich vom 18. bis 43. Breitengrad und vom 61. bis zum 91. Längengrad, also beiläufig über eine Fläche von 100000 Quadratmeilen erstreckt haben. Aller Wahrscheinlichkeit nach hatte es aber, besonders landeinwärts nach West, eine noch weit größere Ausdehnung. Oestlich vom 61. Grad W. L. und südlich vom 2. Grad N. Br. scheint es indeß nicht mehr sichtbar gewesen zu sein; wenigstens wurde auf dem Schiffe Douglas, unter 2° N. Br. und 41° W. L., und auf der Brigg Francia, unter 36° N. Br. und 61° W. L., wie wohl beide Schiffe in der Nacht des 13. Novembers heiteres Wetter hatten, nichts mehr von dem Phänomen wahrgenommen. Zwischen 50° und 30° W. L. und 40° bis 50° N. Br. herrschte auf dem Meere, nach gleichlautender Aussage von fünf Schiffern, ein heftiger Westnordwestwind mit bedecktem Himmel. Derselbe scheint auch die Beobachtung weiterhin nach Norden gehindert zu haben, wenigstens war es zu Montreal in Neu-England der Fall. Zu den genauesten Beobachtungen gehört die von Olmsted selbst. Er berichtet Folgendes.

Diesen Morgen (13. Nov. 1833) gegen Anbruch des Tages gewährte unser Himmel ein merkwürdiges Schauspiel von Feuerbällen, gewöhnlich Sternschnuppen genannt. Der Beobachter wurde erst gegen 5¼ Uhr mittlerer Zeit auf das Phänomen aufmerksam gemacht. Von diesem Zeitpunkt ab bis zum Sonnenaufgang war es ungemein prächtig, Alles übertreffend, was er je in der Art gesehn hatte. Um eine Vorstellung von dem Phänomen zu bekommen, denke sich der Leser eine ununterbrochene Folge von Feuerkugeln, raketenähnlich von einem wenige Grade südlich vom Zenith liegenden Punkte aus in allen Richtungen längs dem Himmelsbogen gegen den Horizont herabfahren. Sie begannen ihre Bahn in verschiedenen Abständen von jenem strahlenden Punkt, bewegten sich aber durchweg in solchen Richtungen, daß die Linien, welche sie beschrieben, aufwärts verlängert, einen und denselben Punkt des Himmels getroffen haben würden. Um diesen Punkt war ein kreisrunder Fleck von mehren Graden, in welchem keine Meteore beobachtet wurden. Gewöhnlich ließen die Feuerkugeln beim Herabfahren vom Himmelsgewölbe einen lebhaften Lichtstreif hinter sich und just ehe sie verschwanden, explodirten sie oder lösten sich plötzlich in Rauch auf. Dabei war kein Knall oder sonstiges Geräusch zu hören, obwohl aufmerksam darnach gehorcht wurde. — Außer diesen distincten Massen oder individuellen Körpern zeigte die Atmosphäre phosphorische Linien als Gefolge eines Zuges kleiner Punkte, die in größter

Fülle in einer nordwestlichen Richtung fortschossen. Diese copirten nicht so ganz die Gestalt des Himmels, sondern bewegten sich in mehr gerablinigen Bahnen und schienen dem Beobachter näher zu sein als die Feuerkugeln. Das Licht ihrer Schweife war auch blasser, nicht unähnlich den Zügen, welche man im Dunkeln durch Schreiben mit Phosphor auf eine Wand hervorbringen kann. Die Anzahl dieser Lichtzüge nahm wechselweise zu und ab: sie durchschnitten das Gesichtsfeld ab und zu wie vom Winde getriebener Schnee, obwohl in Wirklichkeit ihr Lauf gegen den Wind gerichtet war. — Von diesen beiden Varietäten zeigten sich dem Beobachter Meteore von verschiedener Größe und verschiedenem Glanz. Einige waren bloße Punkte, andere aber größer und heller als Jupiter und Venus; ja eins, welches eher erschien, als Olmsted geweckt wurde, soll, nach dem Urtheile eines glaubwürdigen Augenzeugen nahe so groß als der Mond erschienen sein. Das Aufblitzen, obgleich weniger intensiv als eigentliche Blitze, war so hell, daß die Einwohnerschaft in ihren Betten aufgeweckt wurde. Eine Kugel, welche in nordwestlicher Richtung fortschoß, und ein wenig nordwärts von Capella zersprang, ließ genau hinter dem Ort des Zerspringens einen phosphorescirenden Schweif von besonderer Schönheit zurück. Dieser Schweif war anfangs fast gerade, bald aber begann er kürzer und breiter zu werden, und die Gestalt einer sich aufrollenden Schlange anzunehmen, bis er endlich als eine kleine leuchtende Dampfwolke erschien. Diese Wolke entstand ostwärts (vermuthlich durch den Wind, der in dieser Richtung mäßig blies), entgegen der Richtung, in welcher das Meteor fortgeschritten war, und blieb mehre Minuten sichtbar. Das Licht der Meteore war gewöhnlich weiß, hin und wieder auch prismatisch, mit Vorwalten des Blau. — Ein Viertel vor sechs Uhr schien es der Gesellschaft, worin sich Olmsted befand, als habe der Punkt der scheinbaren Radiation sich ostwärts vom Zenith ab bewegt; er merkte sich daher dessen Stelle unter den Sternen genau. Der Punkt lag damals im Sternbilde des Löwen, etwas westlich vom Gamma. Nach Verlauf einer Stunde nahm der Punkt noch dieselbe Stelle im Löwen ein, wiewohl dieß Gestirn, vermöge der täglichen Drehung der Erde, um nahe 15 Grad nach Westen gerückt war. Nimmt man einen Himmelsglobus zur Hand, so wird man sehen, daß dieser Punkt eine Rectascension von 150 Graden und eine Declination von 21 Graden hatte, folglich, daß er, als er sich im Meridian befand, 20° 18′ südl. vom Zenith lag. — Das Wetter hatte sich kurz vorher verändert. Am Abend des 11. Nov. fiel mit Südwind viel Regen, und am 12. herrschte ein starker und stoßweißer Wind aus Westen. Am Abend war der Himmel sehr heiter; es fielen Sternschnuppen, aber nicht so zahlreich, daß sie eine besondere Aufmerksamkeit erregten. Am 13. des Morgens (zur Zeit des Meteors) war die Luft ruhig und der Himmel ungewöhnlich heiter. *) —

*) Hieran schließt sich die Beobachtung von Palmer zu New-Haven. Palmer war in den ersten Stunden der Nacht außer Hause gewesen,

Die interessantesten Bemerkungen, zu denen die eben angeführten und andere Beobachtungen des Phänomens von 1833 Veranlassung gaben, sind folgende. Es treten drei Arten von Meteoren auf, näml. 1) phosphorescirende Linien, von denen jede anscheinend von einem Punkte beschrieben wurde; 2) große Feuerkugeln, die in Pausen am Himmel herabschossen und Schweife hinterließen, welche gewöhnlich einige Zeit Bestand hatten; 3) leuchtende Körper, die eine Zeit lang sicht-

---

und hatte währenddeß eine ungewöhnliche Anzahl von Sternschnuppen wahrgenommen; dieß veranlaßte ihn, Andrew Ellicott's Beschreibung der am 12. Nov. 1799 erschienenen Meteore nachzulesen, wobei ihm dann die Gleichheit des Jahrestages sogleich in Erstaunen setzte. Von 7 Uhr Abends gewahrte er einen röthlichen Dunst, welcher anfangs unten am südlichen Horizont erschien, allmälig aber an dieser Seite des Himmels bis zum Zenith heraufstieg. Er war sehr dünn, verdunkelte aber doch die kleineren Sterne. Als dieser Dunst erschien, war der Wind südwestlich, wiewohl er ein oder ein Paar Stunden zuvor West gewesen. Um 12 Uhr zog sich Palmer zur Ruhe, um 2 Uhr wurde er aber schon durch einen seiner Untergebenen wieder geweckt, welcher die Meteore von seinem Zimmer aus gesehen hatte. — Palmer, das Phänomen für ein elektrisches haltend, machte sogleich einige Versuche, um den elektrischen Zustand der Atmosphäre zu prüfen. Sein seidenes Taschentuch, mit der rechten Hand an einem Ende gefaßt und schnell durch die linke gezogen, gab eine ungewöhnliche Anzahl elektrischer Funken. Beim Drehen einer kleinen Elektrisirmaschine waren deren Funken, die für gewöhnlich kurz und schwach zu sein pflegten, viel länger und stärker, als er sie je gesehen hatte. Seidenfäden, gegen eine Eisenstange gehalten, welche in dem Boden neben dem Hause stand, wurden von dieser stark angezogen. — Er untersuchte darauf seinen Compaß; er fand die Nadel unruhiger als gewöhnlich, doch so viel er beurtheilen konnte, die gewöhnliche Declination zeigend. — Die zuerst beobachteten Meteore waren von röthlicher Farbe. Eine halbe Stunde nach angefangener Beobachtung schien sich die Zahl derselben verdoppelt zu haben, was er aus dem Vergleiche derselben mit einer gewissen als Marke dienenden Anzahl von Sternen schloß. Sie alle gingen anscheinend von einer kreisrunden südöstlich vom Zenith liegenden Stelle aus. Die Stelle war heller als die anliegenden Theile des Himmels und anfangs nur klein; sie vergrößerte sich aber allmälig immer mehr und mehr, so daß sie am Ende der Beobachtungen viele Male größer war als anfangs. Innerhalb dieses Raumes war er, so lange er aufrecht stand, nicht vermögend, irgend ein Meteor zu entdecken; als er sich aber auf den Rücken hinlegte, konnte er darin viele kurze Lichtlinien wahrnehmen, welche sich träge bewegten und hauptsächlich auf den nördlichen Theil jenes Raumes beschränkt waren. Nach 3 Uhr bestieg Palmer den West-Rock, eine Anhöhe nahe bei seinem Wohnhause von etwa 200 Fuß. Er konnte aber daselbst nichts Besonderes wahrnehmen, außer daß dort die Meteore weniger zahlreich erschienen. Er blieb eine Viertelstunde daselbst und kehrte dann zurück. — Von 3 bis 4 Uhr war die Luft ruhig, allein um 4 Uhr bließ auf kurze Zeit ein starker

bar blieben. Die erste Varietät wird in verschiedenen Berichten als ein Schneien von Feuer bezeichnet. Es heißt auch, in 10 bis 12 F. Entfernung über der Erde seien sie wie Raketen zersprungen. Die Angabe der Entfernung beruht wahrscheinlich auf Gesichtstäuschung. Was die leuchtenden Körper betrifft, so sah z. B. Pease zu Poland im Staat Ohio einen leuchtenden Körper, welcher anscheinend 20 F. lang, 18 Zoll breit und von der Gestalt eines Gartenmessers war, der im Sternbild des großen Bären erschien und über eine Stunde sichtbar blieb. Er senkte sich langsam nach dem Horizonte. Parson sah am Niagarafall in der Nähe des Zenith ein leuchtendes Quadrat, welches

---

Stoßwind aus Nordwest, und gleich darauf vermehrten sich die Meteore zum Erstaunen. Um diese Zeit, nämlich um 4 Uhr mochte die Erscheinung wohl ihr Maximum erreicht haben. — In mäßigen Zeiträumen kehrten die Windstöße wieder, immer mit geringerer Kraft und jedesmal veranlaßten sie eine wahrnehmbare Vermehrung der Meteore. Die Lichtschweife, welche die explodirenden Feuerkugeln hinter sich ließen, waren meistens gelblich, zuweilen aber auch röthlich. In der Mitte waren die Schweife am breitesten. Zu verschiedenen Zeiten hörte er eine Anzahl schwacher Explosionen, gewöhnlich dem Geräusch einer Klatschbüchse der Kinder gleichend, und nicht unähnlich dem einer Rakete. Ihnen folgte ein besonderer Geruch, welchen die ganze Gesellschaft, aus vier Personen bestehend, verspürte, und einer von diesen mit dem Geruch von Schwefel oder Zwiebeln verglich. Die Meteore, welche dieses Geräusch hervorbrachten, gingen alle in einer nordwestlichen Richtung. Zwei von ihnen hatten einen wohl begrenzten Kern, von der Größe einer Obertasse. Ihr Licht war mehrmals so stark, daß Palmer die Farbe des Bartes eines seiner Begleiter erkennen konnte. Sie gingen bis unter die Wipfel der etwa 25 Ruthen entfernten Bäume, und gaben einen Paff, genau ehe sie die Bäume erreichten. Eins der Meteore schien eine Scheune zu treffen und gab einen lauteren Paff als alle übrigen. — Im Osten zeigte sich, vom Beginne der Beobachtungen an, fortwährend ein nordlichtartiger Schein, ähnlich der Morgendämmerung. — Kurz vor fünf Uhr versuchte Palmer den größten Kreis, welcher durch den Mittelpunkt der Strahlung und durch den Nord- und Südpunkt ging, mittels eines Theodolithen roh in bestimmte Stücke zu theilen. Von denjenigen Meteoren, welche ihre Bahn am Himmel vorzeichneten sank keins unter eine Höhe von 37° herab. Die, welche in den Raum von 37° bis 57° Höhe fielen, hatten eine röthliche Farbe und längere Schweife als die übrigen. Die Schweife umspannten einen Winkel von 40°. Meteore von gleicher Höhe hatten Schweife von gleicher Länge. In der nächsten Zone darüber (57° bis 77°) waren die Meteore blässer, aber zahlreicher. In der dann folgenden 25° breiten Zone (von 77° N. bis 12° S.), welche an den vorhin erwähnten kreisrunden Fleck grenzte, waren die Meteore am zahlreichsten, von weißer Farbe und mit kurzen Schweifen. Alle diese Beobachtungen wurden an der Nordseite des Bogens gemacht, an der Südseite schien sich einer Schätzung nach, Alles eben so zu verhalten, nur waren dort die Meteore minder zahlreich.

einige Zeit beinah stillstand und große Lichtstreifen aussendete. Geräusch wird nur in einigen Berichten erwähnt und scheint in der That nur beim Platzen der Feuerkugeln vorgekommen zu sein. Höchst beachtenswerth sind die Nachrichten, nach denen bei der Erscheinung Substanzen herabgefallen. In der Grafschaft Nelson (Virginien) sagte man einem Hrn. Garland, es sei ein großer Wassertropfen auf eine Tonne gefallen; er sah sogleich nach und fand eine Substanz von der Größe eines 25 Cents-Stücks, ähnlich geronnenem Eiweiß oder richtiger einer zerstückelten thierischen Gallerte. — In Rahway (New-Jersey) sah man einen feurigen Regen den Boden treffen und fand Klumpen von Gallerte. — In Newark (New-Jersey) fand man gleich nach Sonnenaufgang eine gallertartige Masse, die man wegen ihrer sonderbaren Textur für meteorischen Ursprungs hielt. Sie glich weicher Seife, hatte wenig Elasticität und verdampfte, als man sie erwärmte, so leicht als Wasser Es schien, als sei diese Masse mit bedeutender Kraft auf den Boden gefallen. — Zu West-Point sah eine Frau, die bei Sonnenaufgang Milchen ging, etwas vor sich niederfahren. Sie fand eine runde abgeplattete Masse von der Größe einer Obertasse, kleisterähnlich, und so klar, daß sie den Boden dadurch erblicken konnte. Als sie um 10 Uhr nach derselben Stelle zurückkehrte, war keine Spur von der Masse wieder zu finden. Ein Knabe fand indeß an der Stelle kleine, unregelmäßig geformte Körper von der Größe eines Schrotkorns oder Nadelknopfs, die beim Aufheben zu Pulver zerfielen. — In Hartford soll ein Bürger durch eine gegen seine Fenster schlagende Feuerkugel geweckt worden sein. — Auch Paine bemerkt in seinem Briefe an Prof. Schumacher, ein sehr unterrichteter Mann in einem der nördlichen Bezirke von Philadelphia habe mehrmals eine Substanz auf die Erde fallen gesehen, sie aufgenommen und aus einer sehr durchsichtigen Gallerte bestehend gefunden. Diese Angaben sind zu übereinstimmend, als daß von einem Irrthum die Rede sein könnte. Ueberdieß schließen sich noch andere Beobachtungen an. Chladni fand gallertartige leuchtende Massen, welche er für Irrlichter hielt. Ein Beispiel einer ähnlichen vom Himmel gefallenen Masse habe ich im Art. Irrlichter erwähnt, und seitdem habe ich auch noch von anderen Augenzeugen, höchst unbefangenen Menschen, ganz übereinstimmende Nachrichten eingezogen. Auch wird ein hierher gehöriges Beispiel neuerdings in Poggendorffs Annalen erzählt.*) Fällt nun

*) Der Augenzeuge erzählt: „als ich (zwischen Friemar und Gotha am 6. Sept. 1835 nach 12 Uhr in einer stillen Nacht) mehre Erscheinungen (von Sternschnuppen) in der Atmosphäre beobachtet hatte, sah ich auf einmal in SW., ungefähr 80 Grade (?) über dem Horizonte, eine Sternschnuppe, die aber nicht wie die vorigen ein gelblich rothes, sondern ein schön hellblaues Ansehen hatte, besonders bei ihrem Verlöschen; die auch nicht in mehr horizontaler, sondern fast senkrechter Richtung herabfiel. Es schien mir als bewege sie sich anfangs aufwärts, und beschreibe somit einen kleinen Bogen, gleichsam wie eine abgeschossene Rakete, dann aber bewegte

wirklich in den Sternschnuppen eine Substanz vom Himmel, und sind dieselben ihrem Ursprunge nach identisch mit den Feuerkugeln, aus denen die Meteorsteine fallen (s. d. Art. Steine vom Himmel), so daß die letzteren nur weiter ausgebildete, vollendetere Producte desselben Processes sind, welcher auch die Erzeugung der Sternschnuppen bedingt, so würde keine Frage mehr sein, daß die Feuerkugeln selbst erst, wie Chladni, von Hof, u. a. (wenn auch in den Details mit abweichenden Vorstellungen) annehmen, in dem Weltraume selbst erst gebildet werden, nicht aber vom Monde oder einem anderen Planeten ihren Ursprung ableiten, wie Berzelius darzuthun bemüht gewesen.

Aus den Beobachtungen des Phänomens von 1833 geht noch hervor, daß die Atmosphäre sich während desselben in einem sehr elektrischen Zustande befand. Palmer's Beobachtung (s. Anm. S. 609.) spricht hierfür und Liefland zu Poland (Ohio) sah um 10 Uhr Abends bei der geringsten Bewegung Funken aus seinen Kleidern springen; zu Lynchburg divergirte das Goldblattelektrometer und der Pendel der Zambonischen Säule ging schneller u. s. w. Auch beobachtete man einigen

---

sie sich mit beschleunigter Bewegung in einer geraden Linie gerade auf mich zu, verschwand aber noch hoch in der Luft, zuletzt als ein ganz kleines blaues Pünktchen. — Ungefähr, als ich gegen 40 Schritte nach ihrem Verschwinden gegangen war, kam es mir vor, als flöge eine Flintenkugel über mich hinweg, und sogleich fiel etwa drei Fuß vor mir etwas mit heftigem Geräusche, fast Krachen nieder, im Umfange wie ein Teller groß, und mit solcher Gewalt, daß der Staub weit umherflog. — — Nun besah ich das Heruntergefallene näher, und sah, daß es ein Oval bildete, welches nach NO. in mehre Zacken auslief, woran ich bemerkte, daß die Masse in schiefer Richtung von SW. nach NO. herabgefallen war. Ich nahm die Finger und hob etwas davon auf; da war es fettig anzufühlen, wie Gallerte, und hatte, im Mondscheine besehen, ein dunkelgraues Ansehen. Der Geruch der Masse selbst war dem einer Schwefelleber ähnlich, doch viel beißender, so daß ich fast davon niesen mußte. Sie hing unter sich sehr zähe zusammen und war auch ganz ohne Poren. Aber trotz ihrer Zähigkeit zerlief sie in der warmen Hand, und bildete sich zu einer dicken Flüssigkeit, die mir durch die Finger lief, und während meiner Betrachtung sehr schnell verdunstete. Dabei roch es, als brennten um mich herum lauter Phosphor-Schwefelhölzchen. Ich that ungefähr so groß wie ein Taubenei von der Masse in ein reines rothes Schnupftuch, welches ich bei mir trug. Die Feuchtigkeit schlug gleich durch dasselbe, und die Masse selbst gestaltete sich zu einem Brei, der einen fatalen beißenden Geruch um sich verbreitete. — Am andern Morgen erst dachte ich an mein Schnupftuch mit der Masse; doch von dieser war auch nicht das Geringste mehr zu erblicken; nur einen Flecken bemerkte ich da, wo sie gelegen hatte, der scharf begrenzt war. Aber am meisten überzeugte mich von dem Dagewesensein der Masse der Phosphorgeruch, der sich über meinen ganzen Rock verbreitet hatte. — Uebrigens ist der genannte Fleck wieder ausgegangen, ohne die Farbe aufzulösen.

Einfluß auf die Magnetnadel. Alle diese Erscheinungen scheinen auf Vorgang eines chemischen Processes in der Atmosphäre zu deuten. Doch können namentlich die magnetischen Erscheinungen auch mit der Nordlichterscheinung zusammenhängen, welche Palmer beobachtete, und die vielleicht zufällig war. Auch zu Dover in New-Hampshire wurde ein Nordlicht beobachtet, desgl. zu Buffalo, Cincinnati, Poland. Das wichtigste Resultat der verschiedenen Beobachtungen ist endlich, daß den meisten Beobachtern die Meteore von einem festen Punkt am Himmel auszugehen, oder vielmehr Bahnen in solcher Richtung zu beschreiben schienen, daß sie rückwärts verlängert sich in einem solchen Punkte getroffen haben würden. Einige verlegten diesen Punkt in den Zenith, andere südöstlich vom Zenith, in das Sternbild des Löwen und sahen ihn darin still stehen, dieß Gestirn auf seinem täglichen Gange begleitend. Gingen die Bahnen der Meteore von einem Punkte (scheinbar) aus, und hatte dieser Punkt eine feste Lage gegen die Sterne, nahm also an der Rotation der Erde nicht Theil, so kann man hieraus schließen: 1) daß die Bahnen der Meteore ursprünglich und im Allgemeinen unter sich parallel waren, und ihre Divergenz nur auf optischer Täuschung beruhte und 2) daß diese Meteore, obschon sie in die Atmosphäre der Erde herabgehen mochten, doch kosmischen Ursprungs (außerhalb der Erdatmosphäre) waren. Encke hat die interessante Bemerkung gemacht, daß der Punkt der scheinbaren Radiation der Meteore nahe mit demjenigen zusammenfiel, auf welchen die Erde zur Zeit der Sichtbarkeit des Phänomens zueilte. Hiernach scheint es, als sei die Erde diesen Meteoren, die vielleicht ursprünglich keine oder nur geringe Bewegung hatten, auf ihrem Laufe um die Sonne begegnet, und aus der Wiederholung der Erscheinung in den verschiedenen Jahren, wird man zu der Vermuthung geführt, daß die Erde gegen Mitte Novembers auf ihrer Bahn in eine Gegend des Weltraums kommt, welche vorzugsweise reich an Meteoren ist; dieselben mögen sich hier nun wie in einer Werkstätte erzeugen, oder ausgebildet da sein (Weltspähne nennt sie Chladni, indem er jedoch von den Meteorsteinen redet) und in die Erdatmosphäre zum Theil hereingezogen werden. Olmsted hat 1834 in der Nacht vom 13. bis 14. Nov. das Phänomen, obschon schwächer und minder anhaltend wieder beobachtet. Vielleicht war der Mondschein hinderlich mehr zu sehen. Auch dießmal zeigte sich ein Mittelpunkt des Phänomens, der abermals im Sternbilde des Löwen lag. 1835 in der Nacht vom 13. bis 14. Nov. fiel der erwähnte Meteorstein im Dep. Ain (vergl. auch d. Art. Steine vom Himmel S. 597) und Delezenne sah zu Lille eine Sternschnuppe größer und glänzender als Jupiter, die auf ihrer Bahn einen Zug von Funken hinterließ. Olmsted sah zu New-Haven nichts bemerkenswerthes, berichtet aber, daß an mehren Punkten der Vereinigten Staaten eine ungewöhnliche Zahl von Sternschnuppen gesehen wurde. Am Kap der guten Hoffnung sah Herschel am 14. Nov. vier ungewöhnlich große Sternschnuppen. Die vierte hinterließ einen schmalen und sichtbar geschlängelten Lichtstreif, der 20 Minuten lang sichtbar blieb.

Stickstoff (Salpeterstoff, Salpeterluft, verdorbene Luft, Azot, Alkaligen) wurde zuerst als eigenthümlicher Stoff von Rutherford in Edinburg erkannt. Schon lange wußte man, daß durch Verbrennen und Athmen die atmosph. Luft verdorben und für beides untauglich gemacht werde, doch nannte man solche Luft gemäß der Ansicht von Stahl, dephlogistisirte Luft, bis Scheele und Lavoisier 1775 die Zusammensetzung der atmosphär. Luft aus Sauerstoff und Stickstoff nachwiesen.

Der Stickstoff ist in der Natur als Bestandtheil der atmosphär. Luft, als Basis der Salpetersäuren, ferner des Ammoniaks, namentlich als Bestandtheil der meisten thierischen Substanzen sehr verbreitet. Man erhält ihn am leichtesten durch Absorption des Sauerstoffs aus der atmosphär. Luft, z. B. wenn man Phosphor unter einer Glasglocke anzündet, und dann den Kohlensäuregehalt durch Alkalien entfernt. Er ist ein farbloses, geruch- und geschmackloses Gas, etwas leichter als atmosphär. Luft, zu der er sich wie 0,9724 : 1 verhält, bricht das Licht etwas stärker als atmosphär. Luft, ist weder verbrennlich noch verbrennend, läßt sich für sich nicht athmen und verändert Pflanzenfarben nicht. Gegen andere Körper verhält er sich ziemlich indifferent, verbindet sich nur mit wenigen Stoffen, und diese Verbindungen werden meist leicht, nicht selten plötzlich unter Explosion, aufgehoben. Wasser absorbirt an Stickgas bei gewöhnlicher Temperatur ungefähr $\frac{1}{24}$ seines Volumens. Unter den wenigen Verbindungen des Stickgases sind die namhaftesten die mit Sauerstoff und Wasserstoff. Sauerstoffverbindungen kennt man fünf: Stickoxydul, Stickoxyd, untersalpetrichte Säure, salpetrichte Säure und Salpetersäure. Die atmosphärische Luft wird von einigen als Suboxyd des Stickstoffs, von andern als ein (nicht chemisches) Gemenge von Sauerstoff u. Stickstoff betrachtet. Gewiß ist, daß das Verhältniß der Mischung 79 Volumina Stickgas bei 21 Volumen Sauerstoffgas, oder dem Gewichte nach 76,7 Stickstoff und 23,3 Sauerstoff sich unter allen Umständen gleich bleibt. Außerdem enthält die atmosph. Luft noch eine veränderliche Menge (etwa $\frac{1}{1000}$ Vol.) Kohlensäure und andere zufällige Bestandtheile. Früher glaubte man, das Verhältniß wechsele, und erfand deßhalb Instrumente, um die Güte der Luft, d. i. ihren Gehalt an Sauerstoff zu messen; woher diese Instrumente den Namen Eudiometer erhielten (s. d. Art. Atmosphäre u. Sauerstoff). Das eigentliche Stickoxydul (dephlogistisirtes Salpetergas, Lustgas, oxydirtes oder oxydulirtes Stickgas), 1776 von Priestley entdeckt, erhält man durch Erhitzung von reinem neutralen, salpetersaurem Ammoniak in einem pneumatischen Apparat, wobei man das Gas über warmem Wasser auffangen muß. Es ist ein farbloses Gas von 1,5277 spec. Gew., eigenthümlich angenehmem Geruch und Geschmack, welches sich eine Weile einathmen läßt, und eine Art fröhlichen Rausches, auf den aber große Abspannung folgt, bewirkt. Es läßt sich durch starken Druck u. Erkältung tropfbar flüssig darstellen, ist nicht selbst brennbar, unterhält aber das Brennen sehr lebhaft, und wird vom Wasser bis beinahe zu gleichem Volumen absorbirt. In Amerika soll man mit diesem

Gase gelungene Versuche zu Heilung melancholischer Personen angestellt haben.

Stickoxyd (Salpetergas, nitröse Luft), Product des Zusammentreffens der Salpetersäure mit vielen verbrennlichen Stoffen, auch des über glühenden Braunstein geleiteten Ammoniaks, erscheint als farbloses, unangenehm und erstickend riechendes Gas von 1,0416 spec. Gew., welches nicht brennbar, das Verbrennen organischer Körper, mit Ausnahme von brennendem Phosphor, Kohle oder Kalium, nicht unterhält, nicht athembar, schnell tödtlich wirkt, und Lackmus röthet. An der Luft erzeugt es rothe Dämpfe, salpetrichte Säure, indem es der Luft Sauerstoff entzieht, und kann daher als empfindliches Reagens für freien Sauerstoff betrachtet werden. — Die untersalpetrichte Säure, früher mit der salpetrichten verwechselt, wurde 1816 zuerst von Dulong entdeckt. Sie bildet sich durch Berührung einer starken Base, z. B. Aezkaliauflösung mit Stickstoffoxyd, unter Abscheidung von Stickoxydul, und ist eine in starker Kälte tropfbare, farblose, bei gewöhnlicher Temperatur grüne, sehr flüchtige Flüssigkeit, welche durch Wasser in Salpetersäure und Stickoxyd zerlegt wird, und mit den Basen die untersalpetrichten Salze bildet. Die schon oben erwähnte salpetrichte Säure, zuerst von Scheele 1774 als von der Salpetersäure verschieden erkannt, entsteht durch Zusammentreffen des Stickoxyds mit Sauerstoff im trockenen Zustande, ferner bei vorsichtiger Rectification der rauchenden Salpetersäure, Zersetzung der Salpetersäure durch Licht u. s. w., und ist eine bei starker Kälte tropfbarflüssige und farblose, bei erhöhter Temperatur gelb, dann orange sich färbende Säure, von 1,42 spec. Gew., welche schon bei 22° R. kocht, und sich in einen dunkelgelbrothen, schwerzuverdichtenden Dampf verwandelt. Sie röthet stark Lackmus, färbt organische, besonders thierische Stoffe gelb, u. hat einen unangenehmen, schnell erstickenden Geruch. Durch Wasser, sowie durch Alkalien wird sie in untersalpetrichte Säure, Salpetersäure und Stickoxyd zerlegt, kann sich also mit ihnen nicht verbinden. Die fünfte Sättigungsstufe des Stickstoffs mit Sauerstoff endlich ist die Salpetersäure (Salpetergeist, Scheidewasser). Schon Geber kannte sie im 8. Jahrh., Reymund Lullius im 13. Jahrh. lehrte ihre Bereitung durch Zerlegung des Salpeters mit Eisenvitriol, Basilius Valentinus bereitete sie aus Salpeter und Thon, Glauber durch Zerlegung des Salpeters mittels Schwefelsäure, bis endlich Lavoisier 1776 ihre Zusammensetzung, und Cavendish 1785 ihre Bildung aus Stickstoff und Sauerstoff nachwieß. Die Salpetersäure findet sich in der Natur häufig, obwohl immer an Basen gebunden, in den salpetersauren Salzen. Sie bildet sich bei anhaltendem Electrisiren eines Gemengs von Stickstoff und Sauerstoff, (nach Liebig auch bei Gewittern), ferner beim Faulen stickstoffhaltiger organischer, besonders thierischer Körper in Berührung mit der atmosph. Luft u. s. w. — Die gewöhnlichste Bereitungsart der concentrirten Salpetersäure ist das Uebergießen von 102 Theilen trockenen Salpeters mit 98 Theilen einfachen Schwefelsäurehydrats (englischer Schwefelsäure) in einer Retorte, und Destillation dieses Gemenges, wobei sich schwefelsaures Kali bildet,

und Salpetersäure übergeht. Nimmt man weniger Schwefelsäure oder rauchendes Vitriolöl, so erhält man die rauchende Salpetersäure (rauchenden Salpetergeist). Die reine Salpetersäure ist bei gewöhnlicher Temperatur tropfbarflüssig, farblos, und im concentrirtesten Zustande besitzt sie ein Gewicht von 1,5 bis 1,53. Sie gefriert in starker Kälte, siedet schon bei 70° R., hat einen schwachen, unangenehmen Geruch, wirkt sehr sauer und ätzend, röthet Lackmus und vergilbt u. zerstört fast alle organischen Stoffe. Völlig wasserfrei läßt sie sich nicht darstellen; selbst die concentrirte Säure zieht mit Begierde Wasser aus der Luft an. Sie erhitzt sich beim Vermischen mit Wasser beträchtlich, noch mehr mit Weingeist, während eine mäßig verdünnte Säure mit Schnee, Kälte hervorbringt. Bei Vermischung mit wenig Wasser färbt sich die Säure anfangs grün, dann blaugrün, und bei noch mehr Wasser verschwindet zuletzt alle Farbe. Folgende Tabelle über den Procentgehalt wässeriger Salpetersäure an wasserfreier, bei verschiedenem specif. Gewicht, möge hier ihren Platz finden:

Spec. Gew.	Säure-Procent.	Spec. Gew.	Säure-Procent.
1,513	85,7	1,300	40,6
1,498	84,2	1,283	38,5
1,478	72,9	1,252	34,2
1,434	62,9	1,234	31,8
1,422	61,9	1,215	29,5
1,376	51,9	1,152	21,5
1,353	48,7	1,122	17,5

Zum medicinischen Gebrauch muß die Säure ein specif. Gewicht von 1,23 haben. Ein Gemisch aus 1 Theil concentrirter Säure und 2 Theilen Wasser, heißt Scheidewasser, wirkt zwar minder ätzend als die concentrirte Salpetersäure, aber innerlich genommen noch giftig. Die Salpetersäure ist sehr leicht zerlegbar, sowohl durch das Licht, wobei sie Sauerstoff entwickelt, und sich gelbroth färbt, als durch Weißglühhitze, wobei sie in Sauerstoff und Stickstoff zerfällt, ferner durch alle verbrennlichen Körper sowohl bei gewöhnlicher, als bei erhöheter Temperatur, wobei gewöhnlich Stickoxyd oder salpetrichte Säure frei wird. Für die Metalle ist die Salpetersäure eins der kräftigsten Auflösungsmittel. Mit den Basen bildet die Salpetersäure die salpetersauren Salze, die man im Allgemeinen unter dem Namen Salpeter begreift. Diese haben meist einen kühlenden Geschmack; die neutralen sind im Wasser löslich. Sie fällen im verdünnten Zustande keine Metallsalze, und werden in der Hitze zerlegt, wobei die salpetersauren Alkalien anfangs reines, später mit Stickgas vermengtes Sauerstoffgas, alle übrigen Sauerstoff mit salpetrichter oder Salpetersäure vermischt, liefern, indeß die Base oxydirt zurückbleibt, oder sich wie bei den edlen Metallen reducirt. Mit verbrennlichen Körpern verpuffen die salpetersauren Salze bei Erhitzung bis zum Glühen, zuweilen durch den bloßen Schlag, oft unter heftiger Explosion, gewöhnlich unter Er-

zeugung gas- und dampfförmiger Produkte. Schwefelsäure, in der Hitze auch Phosphor-, Fluß- u. Arseniksäure zerlegen die salpetersauren Salze, auch überschüssige Salzsäure, wobei Chlor frei und salpetrichte Säure und salzsaure Salze gebildet werden. — Die rauchende Salpetersäure, ein Gemisch von salpetrichter und Salpetersäure, von dunkel orangegelber Farbe, stößt an der Luft häufige dunkelrothe Dämpfe (salpetrichte Säure) aus, und wird durch vorsichtiges Destilliren in salpetrichte Säure, die zuerst übergeht, und Salpetersäure zerlegt. Uebrigens besitzt sie gleiche Eigenschaften, wie die concentrirte Säure.

Mit Wasserstoff kennt man nur eine Hauptverbindung des Stickstoffs, das Ammoniak (flüchtiges Alkali, oder alkalische, urinöse Luft). Black stellte 1756 zuerst das wässerige Ammoniak, Priestley das gasförmige dar. In der Natur findet es sich nicht an und für sich, sondern nur an Basen oder Säuren gebunden, so mit Salzsäure im Salmiak, mit Phosphorsäure im Urin, auch in mehren thonigen eisenoxydhaltigen Mineralien, in der Luft vorzüglich, wo stickstoffhaltige organische Substanzen faulen. Es bildet sich ferner beim Verbrennen stickstoffhaltigen Sauerstoffs mit überflüssigem Wasserstoffgas, oder wenn man feuchtes Salpetergas über glühendes Eisen leitet. Gewöhnlich bereitet man es, indem man ein Gemenge von Salmiak und Kalk in einem pneumatischen Apparate erhitzt, und das sich entwickelnde Gas über Quecksilber auffängt. Dieses Gas ist farblos, von 0,5902 specif. Gew., 1570 mal leichter als Wasser, und wird nach Guyton-Morveau und Faraday bei — 42° R, tropfbarflüssig. Dieses tropfbarflüssige Ammoniak erscheint dann als farblose, sehr bewegliche, äußerst flüchtige Flüssigkeit, von 0,76 specif. Gew., welche aber bei sehr geringer Temperaturerhöhung unter starker Erkältung sich wieder in Gas verwandelt. Eigenthümlich ist dem Ammoniak der stechend urinöse Geruch, der in geringer Menge erweckend, in bedeutender erstickend wirkt. (Englisches Riechsalz, ein Gemenge von 1 Th. Salmiak und 2 Th. Kalk mit etwas Wasser befeuchtet, wozu man gewöhnlich einige Tropfen wohlriechenden Oels setzt). Selbst wenig brennbar, unterhält es das Verbrennen nicht, läßt sich nicht einathmen, und wirkt tödtlich auf das animalische Leben, schmeckt kaustisch, ist schwach ätzend, und reagirt stark alkalisch. Durch anhaltendes Elektrisiren wird es in Stickstoff und Wasserstoff zersetzt. In Chlorgas verbrennt es bei gewöhnlicher Temperatur zu Salmiak, wobei Stickstoff frei wird. In der Hitze zersetzt es sich mit vielen Metalloxyden, wobei das Metall reducirt, Wasser gebildet, und Stickstoff frei wird. Ueber glühende Kohlen geleitet, bildet es Blausäure. Das Ammoniakgas wird vom Wasser begierig unter Wärmeentwickelung, bis zum 670 fachen Volumen absorbirt. Das auf diese Weise gebildete wässrige Ammoniak (ätzender Salmiakgeist) stimmt in seinen Eigenschaften dem Wesen nach mit denen des Gases überein. Sein specif. Gew. beträgt bei vollkommener Sättigung 0,872; es gefriert in starker Kälte, und verliert dabei fast ganz seinen Geruch; beim Erhitzen, auch schon bei gewöhnlicher Temperatur, entweicht das Gas. Da es oft von Nutzen sein kann, den

Gehalt des wässerigen Ammoniaks an Gas zu kennen, so schalten wir hier folgende von Geiger zusammengestellte Tabelle ein.

Spec. Gew. der Flüssigkeit.	Ammoniak-Procente.	Spec. Gew. der Flüssigkeit.	Ammoniak-Pocente.
0,8720	32,5	0,9476	13,46
0,8875	29,25	0,9513	12,40
0,9000	26,00	0,9545	11,56
0,9054	25,37	0,9573	10,82
0,9166	22,07	0,9599	10,17
0,9255	19,54	0,9619	9,60
0,9326	17,52	0,9692	9,50
0,9385	15,88	0,9713	7,17
0,9435	14,53		

Der officinelle Salmiakgeist muß ein specif. Gew. von 0,96 besitzen. Man wendet ihn theils für sich als Dampf, theils sehr verdünnt, äußerlich und innerlich an. Mit fetten Oelen versetzt, gibt er das sogenannte flüchtige Liniment. — Mit Säuren bildet das Ammoniak die Ammoniaksalze, farblose, stechend salzige, im Wasser, zum Theil auch in Weingeist lösliche Körper, die durch Feuer entweder verflüchtigt oder zerlegt werden, und mit Salzen, die fixe Basen enthalten, gern Doppelsalze bilden. Als merkwürdiger Verbindung muß noch des Ammoniumamalgams gedacht werden, welches sich bildet, wenn concentrirtes wässeriges Aetzammoniak den Polen der Galvanischen Säule ausgesetzt wird, und der Draht am negativen Pole in ein Quecksilberkügelchen ausgeht. Dieses schwillt dann um das 6- bisweilen sogar 100 fache auf, und bildet eine dicke, gesättigte, fast feste, krystallinische, sehr leichte Masse, welche aber noch ganz metallisch aussieht, und sehr leicht zersetzbar ist. Ins Wasser geworfen, entwickelt es rasch Wasserstoffgas, Ammoniak tritt an das Wasser, und das Quecksilber erlangt seine ursprüngliche Beschaffenheit wieder. Ueber die Natur der Zusammensetzung dieses merkwürdigen Produkts sind die Naturforscher noch streitig. Endlich möge noch zuletzt eine Verbindung des Stickstoffs mit Stickstoff genannt werden, das salpetersaure Ammoniak (brennbare Salpeter), welches im 17. Jahrh. von Glauber entdeckt wurde. Es entsteht durch Sättigung des reinen oder kohlensauren Ammoniaks mit Salpetersäure und Krystallisiren der neutralen Flüssigkeit, und erscheint in farblos durchsichtigen sechsseitigen Säulen mit sechsflächiger Zuspitzung, oder in dünnen, biegsamen, faserigen Nadeln, von scharfem, salzigem, bitterlich kühlendem Geschmack. Es zerfällt bei gelinder Erhitzung in Stickoxydul und Wasser, und verbrennt auf glühenden Kohlen unter schwacher Explosion mit gelbem Licht. Im Wasser ist es leicht löslich, und zerfließt an der Luft, daher es in verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden muß.

In der neuesten Zeit hat namentlich Berzelius angefangen, die Einfachheit des Stickstoffs, wegen seiner Indifferenz gegen andere Kör-

per zu bezweifeln, doch ist man darüber noch zu keinem entschiedenen Resultate gekommen.

Stoßheber, hydraulischer Widder, ist ein von Montgolfier 1797 erfundenes Instrument, welches eben so sehr durch das neue Prinzip, auf dem es beruht, als durch die zahlreichen Vortheile die es darbietet, merkwürdig ist. Ist irgend ein fester oder flüssiger Körper von einer gewissen Geschwindigkeit beseelt, und werden einige seiner Theile angehalten, so werden augenblicklich alle übrigen, welche nicht direkt angehalten wurden, auf jene verschiedene Wirkungen äußern. Diejenigen, welche voraus sind, streben jene nach sich zu ziehen, oder sich von ihnen los zu reißen; diejenigen welche zurück sind, stürzen sich, indem sie auch ihren Lauf fortsetzen wollen, in Folge der erlangten Geschwindigkeit vorwärts und es werden die einen die andern drücken, während sie zugleich die unbeweglichen Theile drücken. Ein Pfeil z. B. der von einer reißenden Geschwindigkeit beseelt ist, und plötzlich in der Mitte festgehalten wird, erleidet in seiner vorderen Hälfte, welche den festgehaltenen Theil fortzureißen strebt, einen Zug der ganzen Länge nach, welcher ihn zerreißen könnte, wenn die Geschwindigkeit groß genug wäre. Der hintere Theil des Pfeils dagegen strebt den angehaltenen Theil fortzustoßen und erleidet seiner ganzen Länge nach einen Druck, und alle Querschnitte desselben werden die einen wider die andern gestoßen. Eben so, wenn eine Wassersäule in einer Röhre in Bewegung ist, und ein Hinderniß sie plötzlich anhält, so drückt sie dieses Hinderniß nach Maßgabe der von ihr erlangten Geschwindigkeit; der erste Querschnitt, welcher das Hinderniß berührt, ist alsbald angehalten,*) und wird seinerseits durch den auf ihn folgenden Querschnitt gedrückt und so geht es fort bis zum Ende der bewegten Flüssigkeitssäule; während dieser sehr kurzen Zeit erfährt die Röhre einen Ueberschuß des Seitendruckes, welcher von der Größe ihres Durchmessers u. der Geschwindigkeit der Flüssigkeit abhängt, und dieser durch die Anhaltung der Bewegung erzeugte Ueberschuß des Druckes wird zur bewegenden Kraft beim Stoßheber. TT′ (Fig. 317.) ist eine Röhre, in welcher sich das Wasser einer Quelle mit einer Geschwindigkeit bewegt, die von der Höhe des Falles abhängt, sie heißt der Körper des Widders. Das Wasser würde durch die Oeffnung V fließen, wenn kein Hinderniß entgegen stände, und würde das Niveau NN′ erreichen, welches das natürliche Niveau unter dem Falle ist; aber gegen dieses Ende der Röhre werden verschiedene Stücke befestigt, welche den Kopf

*) Das Prinzip des Sprungkegels (s. d. Art.) ist offenbar dasselbe; hier hält aber nur die Schwere die bewegte Wassermasse auf, diese hat durch die Bewegung selbst einen Ueberschuß an Kraft über die Schwere erlangt, besiegt diese daher und springt auf mit abnehmender Geschwindigkeit bis zu derjenigen Höhe, wo die Schwere die durch die Geschwindigkeit erlangte Kraft auswiegt.

des **Widders bilden.** S ist das Ventil, welches das Wasser aufhält, doppelt so dicht als das Wasser ist, und durch das Wasser vermöge seiner Geschwindigkeit gehoben werden kann, so daß es die Oeffnung V vollkommen fest verschließt. Wenn das Ventil S geschlossen ist, so geht das Wasser durch die Leitung z und erhebt sich in das Gefäß BB′, von wo es durch die Klappe C in das große glockenförmige Gefäß HH′ gelangt. Von hieraus kommt es endlich in die Steigröhre DEK. Hier würde es stehen bleiben, sobald es bis zur Höhe des oberen Niveaus des Falles gelangt wäre, wenn keine bewegende Kraft vorhanden wäre, die es höher zu treiben vermöchte. Diese Kraft entwickelt sich aber auf folgende Weise. Nachdem das Wasser der Quelle durch seinen natürlichen Ausfluß eine hinreichende Geschwindigkeit erreicht hat, erhebt es das Ventil S und schließt die Oeffnung V, dann drückt der durch die Aufhaltung der Bewegung erzeugte Seitendruck mit einer gewissen Kraft auf alle Punkte der Wand der Röhre. Dieser Druck treibt die Flüssigkeit in z, die Klappe C hebt sich und das Wasser tritt in die Glocke HH′; die Zeit dieses Steigens wird einiger Maßen durch die elastische Gegenwirkung aller Theile des Apparats verlängert. Alsbald sinken die Klappe C und das Ventil S durch ihre Schwere wieder herab, jene schließt die Oeffnung des Gefäßes BB′, dieses öffnet die Ausgußmündung V. Alle bisher schnell aufeinander folgenden Wirkungen machen zusammen einen Stoß des Widders aus. So wie das natürliche Ausfließen wieder begonnen hat, beschleunigt sich alsbald die Geschwindigkeit wieder, das Ventil S wird aufs neue gehoben und dieselben Erscheinungen treten wieder auf.

Man übersieht leicht, daß die Luft in HH zusammengedrückt wird, und nun ihrerseits zur weitern Emporhebung des Wassers in der Röhre DEK wirkt. Man bestimmt durch Versuche die Anordnung der einzelnen Stücke und namentlich den Spielraum, welchen das Ventil S erhalten muß, um die größtmögliche Wirkung zu erhalten. Die Grenze der Höhe, bis zu welcher man mit Hilfe dieses Apparates das Wasser heben kann, hängt von dem Durchmesser der Röhre ab, und von der Geschwindigkeit, welche das Wasser erlangen kann, indem es sie durchströmt. Man erblickt in a einen Pumpenstock, welcher dient Luft zu liefern, um die Luft in A im Gefäß BB′ zu ersetzen, welche sich allmählig zerstreut; die Luft tritt durch sich selbst und das Spiel des Apparates ein.

Die Anwendung des Stoßhebers im Großen zur Hebung bedeutender Wassermassen ist namentlich in Frankreich unternommen worden. Ihr steht besonders der Umstand entgegen, daß durch das Ventil S ein bedeutender und unangenehm störender Wasserverlust herbeigeführt wird. Im Kleinen zu physikalischen Experimenten kann man den Stoßheber ganz von Glas ausführen, wie Fig. 318. zeigt, wo B das Wassergefäß ist, welches sich durch die Röhre A ergießt, b das Stoßventil, a die Oeffnung in das Gefäß C, welches ganz einem Heronsball (s. d. Art. Springbrunnen) gleicht und als solcher wirkt, indem die Luft in ihm durch das eindringende Wasser verdichtet wird, C endlich die das Wasser abführende Röhre ist. Man kann das Wasser aus die-

ser zu beträchtlicher Höhe wie aus einem Heronsbrunnen springen lassen. Eine andere Art Stoßheber (Fig. 319.) schlug gleichfalls Montgolfier vor. Hier zieht eine Heberröhre (s. d. Art. Heber) abc das Wasser aus A nach B, stößt aber dabei an das Ventil g, welches sich abwechselnd hebt und schließt, und dadurch ein Strömen des Wassers durch das Ventil k und die Mündung d in das höherstehende Gefäß C bewirkt.

Stroboskopische Scheibe, die, ist ein vor wenigen Jahren gleichzeitig von Stamfer und Plateau (unter dem Namen Phänakistakop, Phantasmaskop, Phantaskop) erfundene interessante und lehrreiche Spielerei, von der Poggendorf nachstehende Beschreibung und Erklärung gibt. Die stroboskopische Scheibe ist eine Pappscheibe, welche gegen ihren Umfang hin mit einer gewissen Anzahl rechteckiger Oeffnungen versehen, und auf der einen Seite mit verschiedenen Figuren, menschlichen Gestalten, Thieren, Maschinentheilen u. s. w. bemalt ist. Wenn man eine solche Scheibe vor einen Spiegel schnell um ihren Mittelpunkt kreisen läßt, und währenddeß mit einem Auge durch die vorübereilenden Oeffnungen sieht, so erblickt man die Figuren durch Reflexion im Spiegel, aber nicht verworren durcheinander, wie es der Fall sein würde, wenn man neben der Scheibe in den Spiegel sähe, sondern deutlich begrenzt und regelmäßige periodische Bewegungen machend, die mit dem Charakter dieser Figuren in Uebereinstimmung stehen. Sind z. B. Räder auf die Scheibe gezeichnet, wie es Fig. 320. vorstellt, so gewahrt man beim successiven Sehen durch die Oeffnungen a_1, a_2 . . a_8 die Räder 1, 2 . . 8,9 in einer doppelten Bewegung begriffen, in einer rotirenden und in einer fortschreitenden. Aehnlich sind die Erscheinungen bei complicirteren Figuren z. B. menschlichen Gestalten; man sieht jede derselben die Bewegungen machen, deren einzelne Momente durch die Gesammtzahl der Figuren vorgestellt sind. — Die Ursache dieser Täuschungen ist sehr einfach; sie liegt darin, daß die Lichteindrücke in unserm Auge eine Weile beharren, etwa 0,2 Secunde, wiewohl länger oder kürzer, nach Verschiedenheit der Augen, der Farbe und Helligkeit des Gegenstandes. Wenn demnach ein Gegenstand abwechselnd so lange sichtbar bleibt, als zur Hervorbringung eines Lichteindrucks erforderlich ist, und so lange verdeckt wird, als noch der gemachte Lichteindruck mit einer gewissen Stärke beharrt, so werden wir ihn ununterbrochen zu sehen glauben, nur wird er uns dunkler erscheinen als im Fall wir ihn wirklich ohne Unterbrechung gesehen hätten. Es ist ferner klar, daß wir glauben werden, immer den nämlichen Gegenstand, und zwar ruhend zu sehen, wenn auch derselbe bei jedesmaliger Verdeckung durch einen andern ihm völlig gleichen und genau an seine Stelle gebrachten ersetzt wird. Wenn aber während der aufeinander folgenden Verdeckungen der ursprüngliche Gegenstand successiv mit andern vertauscht wird, unter denen der erste von dem ursprünglichen und eben so jeder folgende von den ihm zunächst vorangehenden nur darin abweicht, daß er in etwas anderer Stellung oder an einem etwas andern Orte, oder auch zugleich

in Stellung und Ort, ein wenig verschieden gezeichnet ist, so werden wir glauben, einen und denselben Gegenstand in derjenigen Bewegung begriffen zu sehen, welche die verschiedenen Stellungen und örtlichen Lagen der successiv dem Auge dargebotenen Gegenstände, der Reihe nach, einschließen würde. — Dieser Vorgang ist es nun, welcher durch die stroboskopischen Scheiben verwirklicht wird. Fig. 320. kann hier zur Erläuterung dienen. Sie zeigt (freilich 6 bis 8 Mal kleiner als sie in Wirklichkeit sein muß) eine Scheibe mit 8 Oeffnungen und 9 Rädern, welche letztere Stück für Stück gegen die benachbarten Oeffnungen erstlich etwas mehr nach der Rechten und zweitens etwas mehr um ihre Achse gedreht dargestellt sind. Wird nun diese Scheibe vor einem Spiegel in Rotation versetzt, so gehen die Oeffnungen und deren Zwischenräume schnell vor dem Auge vorüber, und dieses erblickt also mit Unterbrechungen die vom Spiegel reflectirten Bilder der Oeffnungen und der Räder. Die Bilder der Oeffnungen zeigen sich ihm, sobald es nur unverrückt gehalten wird, immer an denselben Stellen, und daher scheinen sie still zu stehen. Anders verhält es sich mit den Rädern. Jedesmal wenn eine Oeffnung vor das Auge tritt, zeigt sich diesem, neben dem stillstehenden Bilde der Oeffnung das Bild eines mehr rechts vorgerückten und etwas weiter um seine Achse gedrehten Rades, und dadurch glaubt dasselbe, indem es beide Veränderungen combinirt, ein fortrollendes Rad zu erblicken.*) Diese Täuschung erstreckt sich aber nicht bloß auf das Bild des Rades, welches unterhalb der jedesmal vor dem Auge befindlichen Oeffnung gezeichnet ist, sondern auf alle Räderbilder, welche das Auge momentan zugleich übersieht. Sie alle scheinen mit gleicher Geschwindigkeit und in gleichem Sinne fortzurollen, nur ist jedes gegen das nachfolgende in der Phase seiner Achsendrehung etwas (im vorliegenden Beispiel um ein Neuntel der Peripherie) voraus. Wollte man, daß das Auge nur ein rollendes Rad erblickte, so müßte zwischen dem Siegel und der Scheibe eine Coulisse eingeschoben werden, die zur Zeit nur ein oder ein Paar Räder am Spiegel reflectiren

---

*) Während des Vorübergangs jeder Oeffnung sollten die einzelnen Bilder eigentlich in der Bewegung begriffen sein, welche durch die Gesammtzahl der Bilder vorgestellt wird; statt dessen werden sie aber während dieser Zeit unverändert, schnell vor dem Auge vorüber geführt. Deßhalb stört jedes Bild, so lange es Licht ins Auge sendet, den Effect der optischen Täuschung, indem es ein Verwischen der Umrisse nach Richtung der Bewegung hervorbringt. Diese Störung ist desto größer, je breiter die Oeffnungen sind. Je schmäler die Oeffnungen sind, desto schärfer sind daher die Bilder, aber desto dunkler werden sie auch dann aus leicht begreiflichen Gründen. Das richtige Verhältniß der Breite kann nur durch Erfahrung gefunden werden; es hängt ab von der Natur der Bilder, ihrer Farbe und Beleuchtung. Die schädlichen Verrückungen sind bei Scheiben, die vor einem Spiegel gedreht werden, um so weniger merkbar, je mehr der Abstand der Löcher von dem Mittelpunkte den der Bilder von demselben Punkte übertrifft.

ließe. — Auf ähnliche Weise läßt sich jede andere gerad- oder krummlinige, gleich- oder ungleichförmige Bewegung dem Auge vorführen, nur muß dieselbe periodisch sein, damit das letzte Bild auf der Scheibe sich eben so an das erste reihe, wie das erste an das zweite, das zweite an das dritte u. s. w.*) Fast alle Bewegungen von Maschinen und sehr viele von Menschen und Thieren sind periodisch, und eignen sich daher ganz vorzüglich zu diesen Täuschungen. Es ist zur Hervorbringung solcher periodischen Bewegungen, Handlungen und Beschäftigungen von Menschen und Thieren weiter nichts erforderlich, als daß man eine Periode derselben in eine Reihe durch gleiche Zeiträume**) getrennter Momente zerlegt und dieselben der Reihe nach durch eben so viele Figuren auf der Scheibe darstellt. So viele Perioden durch die Gesammtzahl der Figuren dargestellt sind, so viele zeigen sich dann auch dem Auge bei jedesmaligem Umlaufe der Scheibe. Es ist dabei ganz gleichgiltig, ob die darzustellenden Bewegungen bloß die einzelnen Theile der Figuren oder die ganzen Figuren betreffen, wenn nur jede Figur in Bezug auf die zugehörige Oeffnung der Scheibe die Stellung und örtliche Lage erhält, welche dem von ihr dargestellten Moment der Bewegung entspricht. Die Figur 320. gibt ein einfaches Beispiel, wo die Räder zugleich eine Rotation um ihre eignen Mittelpunkte und eine Kreisbewegung um den Mittelpunkt der Scheibe zeigen. — Eine solche Kreisbewegung um den Mittelpunkt der Scheibe erhalten die Bilder, wenn ihre Anzahl von der Zahl der Löcher etwas verschieden ist. Gesetzt es sei n die Zahl der Löcher und $n + 1$ die der Bilder, so wie P die Peripherie der Scheibe; dann ist der Winkel zwischen zwei aufeinander folgenden Löchern $= \frac{P}{n}$, und der zwischen zwei nächsten Bildern $= \frac{P}{n + 1}$, mithin der letztere kleiner um $\frac{P}{n\ (n + 1)}$. Erhält also das Auge beim ersten Loche von einem Bilde einen Lichteindruck, so steht im Sehmoment durch das zweite Loch das folgende Bild nicht genau in der Richtung des vorigen Lichtstrahls, sondern um den Winkel $\frac{P}{n\ (n+1)}$ gegen jene Seite hingerückt, gegen welche die Scheibe sich dreht. Diese Fortrückung tritt bei jedem folgenden Loche auf gleiche Art ein, so daß nach n Löchern, d. h. nach einem Um-

---

*) Es wäre nicht unmöglich auch nichtperiodische Bewegungen darzustellen, doch würde dazu eine sehr große Anzahl Figuren erforderlich sein, da während der Dauer einer Secunde mindestens fünf Bilder vor dem Auge vorübergeführt werden müssen.

**) Eine Zerfällung der Bewegung in Momente, die durch gleich große Zeiträume getrennt sind, ist nur nöthig, wenn, wie in der Regel, die Oeffnungen gleich weit von einander stehen. Die Abstände der Oeffnungen brauchen aber nicht nothwendig gleich zu sein; für gewisse Bewegungen, z. B. für hüpfende, können sie auch ungleich genommen werden.

laufe der Scheibe, das Bild um den Winkel $\frac{P}{n + 1}$ fortgerückt oder das folgende Bild auf die Stelle des vorhergehenden gekommen zu sein scheint. Jedes Bild macht demnach nach (n + 1) Umdrehungen der Scheibe einen scheinbaren Umlauf nach der Richtung, nach welcher die Scheibe sich dreht. Ist die Zahl der Bilder = (n + 2) so rückt jedes Bild während eines Umlaufs der Scheibe um den Winkel $\frac{2P}{n + 2}$, also um die doppelte Entfernung der Bilder fort, und während (n + 2) Umläufen der Scheibe machen die Bilder 2 Umläufe in gleicher Richtung mit der Scheibe. Bei (n + 3) Bildern machen diese 3 Umläufe u. s. w. — Ist die Anzahl der Bilder kleiner als die der Löcher, sind z. B. nur (n — 1) Bilder vorhanden, so beträgt der Winkel zwischen zwei aufeinander folgenden Bildern $\frac{P}{n - 1}$, und er ist also um $\frac{P}{n(n - 1)}$ größer, als der zwischen zwei nächsten Löchern. Um diesen Winkel bleiben also die Bilder immer gegen die Löcher zurück, und sie scheinen sich nach einer der Bewegung der Scheibe entgegengesetzten Richtung herum zu bewegen, und zwar geht ein Umlauf der Bilder auf (n — 1) Umdrehungen der Scheibe. Bei (n — 2) Bildern gehen 2 Umläufe derselben auf (n — 2) Umdrehungen der Scheibe, bei (n — 3) Bildern treffen 3 Umläufe derselben auf (n — 3) Umdrehungen der Scheibe u. s. w. — Wenn also die Anzahl der Bilder = m, der Unterschied zwischen der Anzahl der Bilder und der Löcher = d, so treffen d scheinbare Umläufe der Bilder auf m Umdrehungen der Scheibe, und zwar bewegen sich die Bilder in gleicher oder entgegengesetzter Richtung mit der Scheibe, je nachdem die Zahl der Bilder größer oder kleiner ist als die Löcher. — Ist d = 0, so stehen natürlich die Bilder scheinbar still; sie stehen aber auch still, wenn d = (α — 1) m, d. h. wenn n = α m, worin α irgend eine ganze, nur nicht große Zahl oder ein ächter Bruch sein kann. Wenn α = 2 d. h. die Zahl der Löcher doppelt so groß ist als die Zahl der Bilder, so wird die Richtung des Lichtstrahls bei jedem zweiten Loche auf ein Bild treffen, bei dem zwischen liegenden Loche aber zwischen zwei Bilder fallen, und das Auge erhält demnach abwechselnd Eindrücke von einem unbeweglichen Bilde und einer leeren Stelle. Bei gehöriger Geschwindigkeit der rotirenden Scheibe pflanzen sich dann die ersten Eindrücke auf die leeren Stellen fort, und es erscheinen so viele ruhende Bilder als Löcher vorhanden sind, jedoch schwächer in Farbe, weil sich die Farbe des Grundes z. B. weiß, mit der Farbe des Bildes vermischt. Setzt man an die leeren Stellen dasselbe Bild in einer andern Farbe, so wird der ganze Kreis der Bilder in der gemischten Farbe erscheinen. Man kann auch an der ersten, dritten u. s. w. Stelle einen Theil des vorzustellenden Bildes, an den geraden Stellen dann den andern zugehörigen Theil zeichnen, so wird man, da jeder Eindruck sich über die folgende Stelle hinaus erstreckt, die Bilder vollständig sehen. —

In diesen zertheilten Bildern kann selbst wieder eine Bewegung vorhanden sein. Auch bei fortschreitenden Bildern kann man jedes zweite Bild fortlassen oder in anderer Farbe zeichnen, oder an die Stelle eines jeden Bildes abwechselnd die eine und die andere Hälfte des ganzen Bildes setzen. Es ist hierzu nur erforderlich, daß die Anzahl der Bilder durch 2 theilbar sei. Auf ähnliche Weise kann man das Bild der Vorstellung in drei oder mehre Theile zerlegen, wo dann, um eine gleichförmige Austheilung zu erlangen, die Zahl der Bilder durch 3 u. s. w. theilbar sein muß. Die Scheibe muß jedoch alsdann, um einen stetigen Zusammenhang der Eindrücke hervorzubringen, mit sehr großer Schnelligkeit umgedreht werden. — Hieraus sieht man, daß die vorhin aufgestellte Regel beschränkt ist, und die Zahl m der Bilder sich von der Zahl n der Löcher nicht zu weit entfernen dürfe. Wäre immer nur ein Bild sichtbar, welches jedesmal an der richtigen Stelle stände, so würde das Phänomen seiner Fortschreitung richtig erfolgen, so lange seine einzelnen Fortrückungen nicht gar zu groß sind. Allein da immer die ganze Reihe der Bilder zugleich sichtbar ist, so verbindet das Auge den vorigen Eindruck vorzugsweise mit jenem Bilde, welches zunächst in der Richtung des ersten steht. Daher erzeugen jene Eindrücke, welche sich am öftersten und mit der geringsten Aenderung der Richtung der Lichtstrahlen wiederholen, ein bestimmtes Phänomen.

Die Entstehung dieser Phänomene hängt von dem Verhältniß der Geschwindigkeit ab, mit der sich Löcher und Bilder herum bewegen. Nehmen wir zwei Scheiben an; die erste enthalte die Löcher, die andere eben so viele Bilder, und beide seien getrennt einander gegenüber gestellt, so daß jede mit einer willkürlichen Geschwindigkeit in Rotation versetzt werden könne. Die Geschwindigkeit der Löcherscheibe sei $= g$, die der Bilderscheibe $= G$. — a) Ist nun $G = g$ oder $= 2g$, $= 3g$ u. s. w., so werden die Bilder ruhend erscheinen; denn in jedem einzelnen Sehmoment hat die Bilderscheibe dieselbe unveränderte Richtung gegen den ins Auge tretenden Lichtstrahl. Ist das Verhältniß zwischen G und g nur wenig von den vorher angegebenen Verhältnissen verschieden, so werden dieselben Eindrücke nach und nach nur wenig verrückt, und der Kranz der Bilder wird sich langsam um den Mittelpunkt der Bilder zu bewegen scheinen, und zwar um so langsamer, je weniger das Verhältniß $G : g$ von 1, 2, 3 u. s. w. verschieden ist. Die Bilder fallen in diesem Augenblick auf der Netzhaut so nahe aufeinander, daß ein vorherrschender Eindruck ihres Zusammenhangs entsteht. — b) Ist $G = \frac{1}{2}g$ oder $= \frac{3}{2}g$, $= \frac{5}{2}g$ u. s. w., so trifft bei jedem zweiten Loche der Lichtstrahl mit unveränderter Richtung auf ein Bild; diese mit gehöriger Schnelligkeit auf einander folgenden Eindrücke werden vorherrschend und es erscheint ein Kranz ruhender Bilder. — In den zwischenfallenden Löchern trifft die Richtung des zum erzeugten Phänomen gehörigen Lichtstrahls auf leere Stellen; wegen der Fortdauer der Eindrücke erscheinen die Bilder aber auch auf diesen Stellen, und die Bilder erscheinen in doppelter Anzahl, wiewohl schwächer. Ist das Verhältniß $G : g$ nur so wenig von den in b angenommenen Werthen verschieden, daß die durch jedes zweite

Loch entstehenden Eindrücke noch vorherrschend sind, so wird der verdoppelte Kranz der Bilder sich langsam herumdrehen. — c) Aendern sich die in a und b angesetzten Verhältnisse zwischen G und g so stark, daß eine andere Combination einzelner Eindrücke vorherrschend wird, so entsteht auch ein anderes Phänomen, wobei immer der Grundsatz gilt, daß diejenigen Eindrücke am leichtesten sich zu einer bestimmten Vorstellung ausbilden, welche sich am öftersten wiederholen, und zugleich hinsichtlich der Richtung des Lichtstrahls am wenigsten verschieden sind. Es kann demnach auch eine Combination von Eindrücken vorherrschend werden, wenn das Verhältniß $G : g = \frac{2}{3}, \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{5}$ u. s. w. Die Richtung der zu der entstandenen Vorstellung gehörigen Lichtstrahlen wird an den zwischenfallenden Löchern auf leere Stellen treffen, und die Bilderzahl wird sich noch mehr vervielfältigt zeigen u. s. w. — Je einfacher das Verhältniß G : g ist, desto ausgebildeter sind die Phänomene. Da die Dauer des Lichteindrucks im Auge hier ins Spiel kommt, so werden die Phänomene auch von der absoluten Geschwindigkeit der Scheibe abhängen, vermöge welcher sich die Dauer der Eindrücke über mehre oder wenigere Löcher fort erstreckt. Die verschiedenen Verhältnisse zwischen der Geschwindigkeit der Löcher und der Bilder können bei Scheiben, welche vor einem Spiegel gebraucht werden, durch zweckmäßige Wahl in der Anzahl der Löcher und der Bilder hervorgebracht werden. Auch kann man die hierher gehörigen Phänomene einfach dadurch erzeugen, daß zwei Personen sich mit zwei Scheiben gegenüberstellen, diese in Umlauf setzen, und jede durch die Löcher ihrer Scheibe die Bilder auf der andern Scheibe betrachtet, wo man diese bald einfach, bald vervielfacht, entweder ruhend oder in Bewegung sehen wird.

An die stroboskopischen Scheiben schließt sich an das schon von **Stampfer** im Allgemeinen beschriebene, von **Horner** aber ausgeführte Instrument, welchem der letzte den Namen des **Dädaleums** gegeben hat. Der Apparat besteht bloß aus einem hohlen Cylinder, mit Oeffnungen in gleichen Abständen und befestigt um den Rand einer rotirenden Scheibe. Alle Figuren, welche auf der Innenfläche desselben zwischen den Oeffnungen angebracht sind, werden durch die entgegengesetzten Oeffnungen sichtbar, und wenn sie von einer zur andern in stufenweis verschiedener Stellung gezeichnet sind, bieten sie dasselbe überraschende Schauspiel von relativen Bewegungen dar, welches man mit der gewöhnlichen magischen Scheibe bei Drehung derselben vor einem Spiegel erhält. Da man indeß den Apparat nicht dicht vor das Auge zu halten braucht, im Gegentheil ein weiter Abstand besser ist, die Durchsichtigkeit dem Effect des rotirenden Cylinders zu Hilfe kommt, so kann die Erscheinung mit bestem Erfolg vor einer zahlreichen Versammlung gezeigt werden.

Ströme, Flüsse, heißen die größern Wassergerinne, welche das auf der Oberfläche der Erde sich ansammelnde Wasser dem Meere zuführen. Sie entstehen aus den von den Bergen aus den Quellen herabrinnenden **Bächen**, indem sich diese gemäß der Schwere und

Beweglichkeit des Wassers nach den tiefst gelegenen Orten begeben, und auf diese Weise zu größern Wasseransammlungen zusammen treffen. Das so zusammengekommene Wasser häuft sich auf, und strebt ebenfalls fortwährend nach tiefer gelegenen Orten hin; da nun das Meer tiefer liegt, als alles über demselben liegende Land, so nehmen alle Flüsse in ihren Strombetten die tiefstgelegenen Orte aufsuchend, endlich ihren Weg nach dem Meere. Während des Laufes eines Flusses ergießen sich fortwährend kleine oder größere Bäche oder Flüsse in ihn (Nebenflüsse) und vergrößern durch ihr Wasser den Hauptfluß. Der Ort, wo der Fluß mit dem Meere sich vermischt, oder in einen andern Fluß einströmt, heißt die Mündung desselben. Verfolgt man von dieser aufwärts den Lauf des Flusses, so schwindet er endlich zu einen Bach zusammen und zuletzt gelangt man zu den Quellen desselben, die entweder zwischen Felsen hervorrinnen oder größere Ansammlungen von Wasser, Teiche, Seen, Sümpfe u. dgl. bilden. Die Entstehung der Flüsse fällt mit der der Quellen (s. d. Art.) zusammen und leitet man diese von dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdunste ab, welcher seinerseits wieder durch Einfluß der Wärme aus den Wasseransammlungen auf der Erdoberfläche entspringt, so sieht man, wie alles Wasser der Erde in einem fortwährenden großen Kreislaufe begriffen ist. Der meiste Wasserdunst entwickelt sich an der Oberfläche des Meeres, wird dann durch Winde nach dem Festlande geführt, schlägt sich hier in wässrigen Meteoren, zumeist an den hohen kalten Gebirgen nieder, senkt sich in das Gestein, sprudelt in Quellen hervor und rinnt endlich in Bächen, Flüssen und Strömen wieder nach dem Meere. Das Wasser der Flüsse ist süß, wodurch es sich von dem bittern Meerwasser unterscheidet. Von dem Brunnenwasser ist es verschieden durch einen geringern Gehalt an Kohlensäure und Salzen und einen größern an vegetabilischen und erdigen Theilen. Diese setzen die Flüsse, namentlich bei Ueberschwemmungen, ab und bedecken so das Land an ihren Ufern mit einem fruchtbaren Schlamme. Größere Ströme setzen die während ihres Laufes in sich aufgenommenen erdigen Theile, besonders in der Nähe ihrer Mündungen, ab, bilden dadurch Inseln innerhalb ihres Bettes, durch die sie selbst gespalten werden und die, wenn sie auf zwei Seiten durch Arme des Flusses, an der dritten von Meere begrenzt werden, Delta, von der Aehnlichkeit mit dem griechischen Buchstaben Δ, genannt werden. Den meisten Schlamm, nach Manfredi $\frac{1}{132}$ seiner Masse, führt der Nil mit sich, der durch seine Ueberschwemmungen und sein Delta schon im Alterthume berühmt war. Der Rhein enthält nach Hartsöker zur Zeit der Schwellen $\frac{1}{100}$, nach Manfredi bei mäßiger Trübung $\frac{1}{174}$ Schlamm. Barrow fand im gelben Strome $\frac{1}{200}$ Schlamm, Zanotti fand das Verhältniß des Schlammes zum Wasser dem Gewichte nach bei der Tiber $= 1 : 219$; beim Rhein $= 1 : 165$ und ein anderes Mal $= 1 : 126$. Wenige kleine Flüsse enthalten viel Salz, und n seltenen Fällen Kalk, in sehr vulcanischen Gegenden nicht selten mineralische Substanzen in bedeutender Menge. Im Wasser des Rio Vinagre z. B. war in einem Liter 1,08

Gran Schwefelsäure, 0,184 Gr. Salzsäure, 0,24 Gr. Thonerde, 0,16 Gr. Kalk und eine Spur von Eisen enthalten.

Die Größe der Flüsse ist sehr verschieden; sie hängt besonders von der Länge ihres Laufes und von der Menge der Nebenflüsse ab, die einem größern Flusse ihr Wasser zuführen, und die mit ihm zusammen Ein Stromgebiet bilden, dessen Beschaffenheit von dem Terrain, namentlich den Gebirgen abhängt, welche die Wasserscheide bilden, und von denen herab nach allen Seiten Bäche und Flüsse ausgehen, die sich in den Ebenen vereinigen. Die größten Flüsse hat Asien und Amerika, kleiner sind die Flüsse Afrikas und am kleinsten die von Europa. Azara behauptete der La Plataſtrom in Amerika enthalte allein so viel Wasser wie alle europäischen Flüsse zusammen. Die Schätzungen über die Wassermengen der Flüsse können stets nur sehr ungefähr sein, weil, um sie genau zu veranstalten, eine Kenntniß aller Theile eines Flusses nöthig wäre, die zu erlangen schon darum unmöglich ist, weil die Flüsse selbst in den verschiedenen Jahreszeiten und wiederum in den verschiedenen Jahren sehr ungleiche Wassermengen führen. Keil und Buffon schätzen die gesammte Wassermenge, welche alle Ströme zusammen jährlich dem Meere zuführen auf 455,5 und de la Metherie berechnet 341 Cub. Meilen. Hiernach würde sich das gesammte Wasser des Meeres erst in 4488 Jahren einmal erneuern. Nach Riccioli ergießt der Po in jeder Stunde 401 Millionen Cub. Fuß Wasser ins Meer. Alle Flüsse Italiens sollen zusammen 8 mal so viel Wasser in das Meer führen, als der Po; und eben so rechnet er die Flüsse Spaniens = 6, Frankreichs und Hollands = 28,5, Englands = 6, Deutschlands mit Einschluß des Oby = 88,5, Asiens = 465, Illyriens, Dalmatiens, Griechenlands = 2, Afrikas = 190, Nordamerikas = 619, Südamerikas = 2240, zusammen 3653 Poströme; hierzu kommen noch 4000 Poströme auf unbekannte Flüsse, und es ergibt sich eine jährliche ins Meer strömende Wassermenge von 455,5 Cub. Meilen. Einigermaßen richtigere Angaben dürfte man erhalten, wenn man die Wassermengen der einzelnen Flüsse der Größe ihrer Stromgebiete proportional annähme. Für diese letztern hat Müller folgende Angaben in geogr. Quadratmeilen gefunden:

Amazonenfluß	88,305	Don	6,088
Plata	71,665	Weichsel	3,578
Lorenzstrom	62,330	Duero	1,638
Mississippi	53,636	Tajo	1,327
Oby	63,776	Seine	1,236
Jenisei	47,001	Loire	2,378
Lena	36,483	Garonne	1,443
Amur	53,559	Po	1,410
Hoang-Ho	33,686	Trent	0,439
Ganges	20,224	Donau	14,423
Wolga	30,154	Rhein	3,598
Nil	32,020	Weser	0,874
Senegal	25,614	Elbe	2,800
Dwina	5,890	Oder	2,072

Die genauesten Messungen hat man am Rhein angestellt. Nach denselben führt dieser Strom in der Secunde 82109 rheinl. Cub. F. Wasser ins Meer, im Jahre folglich 0,1959 Cub. Meilen. Gegen den Rhein schätzt man das Wasser aller übrigen Flüsse auf 186 Rheinströme, und diese würden 36,4374 Cub. Meilen Wasser ins Meer führen. Wenn man für die unbekannten Flüsse auch noch $\frac{1}{3}$ zurechnet, so erhält man erst 48,6 Cub. M., und selbst bei 50 Cub. M. jährlichen Zuflusses würde sich das Meer erst in 30000 Jahren füllen. Muncke meint, wenn man die Wasserschwellen, die bei einigen Flüssen ins Unglaubliche gingen, bei dem Rhein aber dem Flußgebiete nicht proportional wären, einrechne, so könne man die gesammte jährliche Wassermenge wohl auf 75 Cub. M. annehmen. Die Länge der Flüsse ist nicht proportional ihrer Wassermenge, wie schon das Beispiel des Ganges beweist, welcher nach Banks das meiste Wasser unter den asiatischen Flüssen gibt, ohne die größte Länge zu haben. Die Ursachen sind die ihn anchwellenden periodischen Regen. Nach demselben findet folgendes Verhältniß der Längen des Laufes der Flüsse statt: Themse = 1; Rhein = 5,25; Donau = 7; Wolga = 9,5; Indus = 5,5; Euphrat = 8,5; Ganges = 9,5; Burremputer = 9,5; Nou-Kian oder Ava = 9,5; Jenisei = 10; Oby = 10,5; Amur = 11; Lena = 11,5; Hoang-Ho = 13,5; Kian-Keu = 15,5; Nil = 12,5; Missisippi = 8; Amazonenfluß = 15,75. Die Breite der Ströme ist sehr ungleich und bei denen, welche starke Anschwellungen haben, unglaublich veränderlich. So z. B. ist der Missisippi ohnweit Natchez bei niedrigem Wasserstande kaum 1 engl. Meile, bei hohem Wasserstande aber 30 engl. Meilen breit, und die Breite des Orinoko bei St. Thomas wechselt zwischen 0,75 und 15 englische Meilen. Kommt aus einem Nebenflusse zu Zeiten eine ungewöhnliche Wassermenge in den Hauptstrom, so kann die merkwürdige Erscheinung eintreten, daß das Wasser im Flußbette des Hauptstroms zum Theil stromauf geht. So z. B. erzählt Saussure, daß 1570, 1651, 1711 und 1733 die Rhone oberhalb der Mündung der Arve stromaufwärts geflossen sei, so daß die Mühlräder zu Genf rückwärts umgetrieben wurden. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Ströme dem Meere zueilen, hängt zumeist von der Neigung ihres Bettes gegen die Horizontalebene ab, von ihrem Gefälle. Man bestimmt dieses nach der Größe, um welche im Durchschnitt auf eine bestimmte Strecke des Stromes auf 100 Lachter das Bett desselben dem Niveau des Meeres sich nähert. So z. B. hat die Moldau zwischen Budweis und Prag bei einer Länge von 100800 Klafter im Ganzen 627,5 Fuß Fall, also auf 100 Klafter ein mittleres Gefälle von 7,5 Zoll. Weil sich mit dem Wasserstande das Gefälle ändert, so nimmt man im Allgemeinen die mittlere Wasserhöhe als Regel an. Diese mißt man an eigends zu diesem Zwecke eingeschlagenen Pfählen, Pegel genannt, oder an Maßen, die in den Brückenpfeilern oder an den Quadern der gemauerten Ufer eingehauen sind. Die Pfähle werden leicht beim Eisgange fortgerissen.

Die aus theoretischen Gesetzen abgeleiteten, und mit der Erfahrung übereinstimmenden Resultate über die Geschwindigkeit des Fließens sind folgende. Zuerst verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Querschnittsflächen des Flusses. Zweitens bei verschiedenen Anschwellungen der nämlichen Flüsse verhalten sie sich wie die Quadratwurzeln aus den mittlern Tiefen. Drittens, die größte Geschwindigkeit bei einem gegebenen Flusse fällt mit seiner größten Tiefe zusammen. Viertens, in Beziehung auf die einzelnen Längentheile, worin man sich einen Fluß getheilt denken kann, findet bei geraden oder mäßig gekrümmten Ufern die größte Geschwindigkeit in der Mitte über der größten Tiefe statt, und diese Abtheilung nennt man daher auch den Stromstrich, welcher hiernach also bei geraden Ufern in der Mitte, bei Krümmungen oder Serpentinen aber an der concaven Seite des Ufers liegt. Fünftens ist im Allgemeinen die Geschwindigkeit des Fließens an der Oberfläche am stärksten und nimmt mit der Tiefe ab. Selten fällt die obere Grenze des Querschnittes eines Flusses in eine gerade Linie, vielmehr wenn das Wasser steigt, so wird sie in der Mitte convex, wenn es aber fällt, so wird sie concav und Gegenstände vom Ufer fließen der Mitte zu. Eben so ist es mit der Grenze eines Längenschnittes, die beim freien Abflusse convex wird, bei Aufstauungen aber concav. Soll daher die mittlere Geschwindigkeit eines Flusses ausgemittelt werden, so müssen die Messungen in ungleichen Tiefen und an mehren Stellen in der Mitte und an den Seiten geschehen, zu welchem Ende zuvor das Querprofil vermittelst einer getheerten Schnur, die man über den Fluß ausspannt, oder einer einvisirten Linie und mit Sondirstangen, an denen unten des Sandes wegen ein Bret befestigt ist, durch bekannte oder leicht aufzufindende geometrische Operationen ausgemessen wird.

Die Geschwindigkeit eines Stromes wird außer durch sein Gefäll noch durch die Adhäsion des Wassers an den Ufern in dem Grunde, durch die Krümmungen des Flusses und durch die größere oder geringere Breite seines Bettes bestimmt. Z. B. die Rhone hat vom Genfersee an 1128 Fuß Fall, und müßte daher 260 Fuß in einer Secunde fallen, fließt aber nur 5 Fuß in einer Secunde, der schnelle Amazonenfluß nur 7,5, von Fort Pauxis an aber nur 10,5 auf 120 Meilen; der starke Fall des Neckars beträgt nur 32,7 auf eine altwürtembergische Meile, und doch fällt er von seiner Quelle bis Heilbronn 1634 Fuß; der Rhein zwischen Straßburg und Dordrecht auf 1000 Fuß nur 0,2 Fuß, ohngeachtet sein gesammter Fall von Schafhausen bis ins Meer 1013 Fuß beträgt; die Donau zwischen Ulm und Donauwerth nur $\frac{1}{3}$, die Seine zwischen Valvint und Sève nur $\frac{1}{6}$, die Loire hinter Pouilli nur $\frac{4}{7}$ Fuß auf gleiche Weite. Werden sie zwischen Felsen stark zusammengedrängt, so ist ihre Bewegung unglaublich schnell, am stärksten beim Connecticut, so daß Blei darauf schwimmen und kein Brecheisen in denselben eindringen soll; dort beträgt indeß seine Breite auf einen Raum von 400 Ellen keine 15 Fuß. Der Amazonenfluß hat 4 große Stromschnellen, unter denen der Punto die stärkste ist. Der Strom ist oberhalb des Passes 250 Lachter breit, und wird bis 25

Lachter zusammengedrängt, so daß das Wasser gleichsam hinabstürzt, weswegen Condamine's Fahrzeug mehre Lachter in einer Secunde durchlief. *)

Wenn Flüsse in ihrem Laufe an einen steil abschüssigen Abhang kommen, so stürzen sie sich über denselben herab und bilden auf diese Weise einen **Wasserfall, Katarakt.** Die Erscheinung desselben

---

*) Die Geschwindigkeit des fließenden Wassers zu messen hat man verschiedene Werkzeuge ersonnen. Muncke hat dieselben wie folgt zusammengestellt. Zur Messung der Geschwindigkeit dienen verschiedene Apparate. Unter diesen sind die Schwimmer die einfachsten. Man bedient sich hierzu hohler kupferner Kugeln, deren specifisches Gewicht mittels eingebrachten Bleis oder Wassers so regulirt wird, daß sie nur wenig über die Oberfläche des Wassers hervorragen; sie werden dann mit einem Korke verschlossen und mit einem hierin eingesteckten Zeichen versehen, um ihre Bewegung deutlicher beobachten zu können. Ihrer Anwendung steht entgegen, daß dabei Windstille erfordert wird und daß durch sie blos die Geschwindigkeit an der Oberfläche ausgemittelt werden kann. Um diesem Fehler etwas zu begegnen, bediente sich v. Wiebeking tannener Stäbe, durchaus mit Oelfarbe angestrichen, unten mit einer blechernen Kapsel versehen, die durch Blei so abgeglichen war, daß nur ein Zwanzigstel der Stange aus dem Wasser hervorragte, welches eine kleine numerirte Fahne an einem Eisendrahte trug, und woran eine Schnur, mindestens doppelt so lang als die Flußtiefe, mit einem Schwimmer von Kork befestigt war, ersteres um zugleich mehre Stangen an verschiedenen Stellen des Flusses zu beobachten, letzteres um die etwa sinkenden Stangen wieder aufzufinden. Solche Stangen können kürzer oder länger sein, um die Geschwindigkeit in ungleichen Tiefen zu messen. Es dürfte nicht unnütz sein, beide Apparate mit einander zu verbinden, also zum eigentlichen Meß-Schwimmer eine große hohle Kugel zu nehmen, diese so zu beschweren, daß sie im Wasser bis zu derjenigen Tiefe untersänke, in welcher die Geschwindigkeit gemessen werden soll, und wegen ihrer großen Oberfläche diese auch bleibend beibehielte, an diese Kugel aber einen dünnen Stab mit der Fahne zu befestigen, an dem das schneller fließende Wasser der Oberfläche leichter vorbei gleiten könnte. In jedem Falle mißt man mittels einer genauen Uhr die Zeit, in welcher der Schwimmer eine bestimmte Strecke zurücklegt, und erhält dann aus beiden Größen die Geschwindigkeit. — Von dem beschriebenen Stabe unterscheidet sich der Stab des Cabeo blos dadurch, daß er von der Oberfläche des Wassers bis nahe an den Boden reichen soll, um bei überall gleicher Dicke die mittlere Geschwindigkeit des Flusses zu messen. Dabei zeigt es sich dann, daß die Geschwindigkeit in ungleichen Tiefen wirklich verschieden ist, indem der Stab fast allezeit eine schräge Richtung annimmt, ein Resultat, welches schon Mariotte erhielt, als er zwei oder mehre Kugeln von Wachs vermittels eines Fadens vereinigte und fand, daß allezeit die eine der anderen voraus eilte. Beide Apparate finden aber darin ein großes Hinderniß, daß der untere Theil leicht auf Unebenheiten des Flusses hängen bleibt, außerdem aber werden beide fast stets von der Seite des Flusses in den Strom-

wird um so großartiger sein, je höher der Abhang ist, und je größer der Strom ist, der ihn bildet. In Amerika kommen die merkwürdigsten und großartigsten Wasserfälle vor. In Europa sind die bekanntesten der Staubbach in der Nähe von Bern, welcher eine Höhe von 1100 F. haben soll; der wegen der größeren Wassermenge noch schönere, aber nur 200 F. hohe Reichenbach; die Rheinfälle bei Schaf-

---

strich getrieben und man kann daher nahe am Ufer nur auf kürzere Strecken messen. — Ein sehr brauchbares Werkzeug, die Geschwindigkeit des Wassers an jeder einzelnen Stelle und in jeder Tiefe zu messen, ist die Pitot'sche Röhre, eine blos gläserne oder blecherne Röhre, oben auf jeden Fall von Glas, etwa einen halben bis einen ganzen Zoll im Durchmesser, unten bis zum rechten Winkel krumm umgebogen und mit einem Trichter versehen, dessen Seiten verlängert einen Winkel von ungefähr 60 Graden einschließen würden. Diese Röhre wird mittels einer geeigneten Vorrichtung an einer Leiste oder einem Pfahle (welcher letztere auf jeden Fall zugeschärft sein muß, um das Rückstauen des Wassers zu hindern) so in das Wasser herabgelassen, daß der Trichter gegen den Strom gerichtet ist und also die Geschwindigkeit des Fließens das Wasser über das Niveau des Flusses aufsteigen macht. Um dem Fehler aus der Adhäsion des Wassers (der Capillarität) zu begegnen, senkt man neben der Meßröhre eine andere von gleicher Beschaffenheit, aber eine gerade und unten gleichfalls mit einem gerade herabgehenden Trichter versehene bis zu gleicher Tiefe hinab, beobachtet dann den Unterschied der Wasserhöhen in beiden an einem zwischen ihnen befindlichen, in kleine Theile getheilten Meßstabe und erhält die Geschwindigkeit des Fließens vermittels $V = 2\sqrt{g\,(h - h')}$, wenn h die Wasserhöhe in der Meßröhre und h' in der Hilfsröhre, beide über dem Wasserspiegel, bezeichnen. Weil aber Hindernisse der Bewegung die strenge Anwendung dieser theoretischen Bestimmung bedingen könnten, so fügt man einen Coefficienten = m hinzu, welcher durch Versuche mit Wasser von bestimmter Geschwindigkeit des Fließens ausgemittelt werden muß und auf jeden Fall nicht viel von 1 verschieden ist; dadurch verwandelt sich die Formel in $V = 2\sqrt{\frac{g\,(h - h')}{m}}$. In der Anwendung steht blos der Umstand entgegen, daß die Größe h' meistens sehr klein ist und daher nicht gut gemessen werden kann. Ist z. B. m = 1 und V = 1 Fuß, so ist h — h' nur $\frac{1}{62}$ Fuß oder = 2,32 Linien. — Unter die ältern, vielfach gebrauchten und keineswegs verwerflichen Strommesser gehört der Stromquadrant oder das hydrometrische Pendel, ein Quadrant, dessen eine Seite mittels eines Senkels vertical über dem Flußspiegel gehalten wurde, während ein aus dem Aufhängepunkte des Senkels herabhängender Faden mit einer Kugel am Ende, die in das Wasser herabhing, von diesem fortgestoßen wurde und der Winkel zwischen ihrem Faden und dem des Senkels die Mittel zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Fließens darbot. Seine jetzige Gestalt Fig. 321. ist aus der Figur ersichtlich, ohne daß diese eine weitere Erläuterung bedarf, auch bemerkt man sogleich, daß hierbei

hausen und Lauffen; der Fall des Velino bei Spoletto; der des Cetino in Dalmatien, bei welchem sich der Fluß fast ganz in Staub auflöst und ein schreckliches Brausen erregt. Die großartigsten und schönsten europäischen Wasserfälle sind auf der skandinavischen Halbinsel. Der Wasserfall des Glomen bei Sarp in Norwegen ist so viel schöner, weil der ganze Fluß 60 Fuß hoch in einem Absatze über einen Felsengrund

---

die Röhrenlibelle das Senkel ersetzt. Auf der Seite der Basis des Dreiecks OM ist die Geschwindigkeits-Scale aufgetragen, die man auf folgende Weise findet. Die Kugel G würde in ruhigem Wasser vertical herabhängen, ihre verlängerte Falllinie ist GH, die verlängerte Linie ihrer Richtung ist GF oder die Diagonale, die durch die beiden Kräfte, nämlich ihr Gew. und den Stoß des Wassers gegen ihre Oberfläche gegeben wird. Beide Kräfte verhalten sich also wie GH zu HF, oder wegen Aehnlichkeit der Dreiecke, wie CO zu ON, die der Kürze wegen $a : x$ heißen mögen. Die Kugel fällt im Wasser nicht mit ihrem ganzen, sondern blos mit dem Ueberschusse ihres Gewichtes über das eines gleichen Volumens Wasser, und es sei demnach das Gewicht der im Wasser gewogenen Kugel $= M$. Um die Kraft des Wasserstoßes gegen dieselbe $= K$ zu finden, darf man nur überlegen, daß das Wasser aus einer Oeffnung in einem Gefäße mit einer Geschwindigkeit ausströmt, als fiele es von der Höhe $h = \frac{V^2}{4g}$ herab, und daß es daher gegen die dieser Oeffnung gleiche Fläche mit einer Kraft drückt, die einem Wasserprisma von der Grundfläche dieser Oeffnung und der Höhe vom Centrum dieser Fläche bis zum Wasserspiegel gleich ist. Ist also die Fläche der Kugel, gegen welche das Wasser stößt, bei einem Halbmesser $= r$ bestimmt, also $= r^2\pi = F$ und das Gewicht eines nach gleichem Maße bestimmten Wassercubus $= P$, so ist $K = PF\frac{V^2}{4g}$. — Die Kugelform ändert jedoch diesen Ausdruck ab und fordert einen Coefficienten m, welcher durch Versuche aufgefunden wird. Hiernach wird also $\frac{x}{a} = \frac{K}{M} = \frac{m \cdot P \cdot F V^2}{M \cdot 4g}$, also $\frac{V^2}{4g} = \frac{x}{a} \cdot \frac{M}{m \cdot P \cdot F}$. — Nach Eytelwein ist $m = 0{,}7886$, und da die übrigen Größen im analytischen Ausdrucke bekannt sind, so könnten für die verschiedenen Werthe von x die zugehörigen von V^2 gefunden werden, besser ist es jedoch, nach dem Vorschlage von Eustach Manfredi, durch Messung der Geschwindigkeit einer gleichförmigen Bewegung der Kugel in ruhigstehendem Wasser einen bekannten Werth für x aufzufinden. Ist dieser $= b$ für die Geschwindigkeit $= V'$ gefunden, so hat man $\frac{b}{a} = \frac{K}{M} = \frac{m \cdot P \cdot F \cdot V'^2}{M \cdot 4g}$, also $\frac{V'^2}{4g} = \frac{b}{a} \cdot \frac{M}{m \cdot P \cdot F}$ und durch Division beider Gleichungen $\frac{V'^2}{V^2} = \frac{x}{b}$ oder $V' : V = \sqrt{x} : \sqrt{b}$, wonach die Geschwindigkeitsscale aufgetragen werden kann. Soll dieses Instrument für größere Tiefen gebraucht werden,

kürzt. Man soll ihn fünf Meilen weit hören, hört ihn aber sicher bis auf eine Meile Entfernung. Zwischen Bergen und Stavangre sind zwei Wasserfälle, einer von wenig Wasser, aber 1600 Fuß hoch, und dieser wäre sonach der höchste in Europa, der andere wenigstens so viel Wasser haltend als die Seine, 945 Fuß hoch. Der Wasserfall Trolhetta (Zauberhöhle) der Götha-Elbe bei Gothenburg besteht aus vie-

---

so ist noch erforderlich, den Einfluß des Wasserstoßes gegen den Faden auszumitteln. Da dieses für die verschiedenen und mitunter beträchtlichen Tiefen zu etwas weitläufigen Bestimmungen führt, so dürfte es am leichtesten sein, eine große Kugel, der Dauerhaftigkeit wegen von Metall, und einen dünnen Metalldraht zu wählen, um den Einfluß desselben auf ein Minimum herabzubringen, zugleich aber beim Normalversuche die Kugel etwa zwei bis drei Fuß tief einsinken zu lassen, um den Einfluß des Fadens mit in die ursprüngliche Bestimmung aufzunehmen. Uebrigens darf die Kugel nicht auf dem Wasser schwimmen, der Werth von x oder von b wird aber um so größer, je leichter sie bei gleichem Durchmesser ist. — Der Einfluß des Fadens wird vermieden beim Wasserhebel Lorgna's. An einem Pfahle ist eine blecherne Röhre RD mit einer Rolle am untern Ende befestigt. Ein Faden, an dessen Ende die Kugel F Fig. 322. gebunden ist, geht über die Rolle, dann durch die Röhre und ist am andern Ende am Hebelarme E befestigt, welcher durch seine größere Dicke dem andern längern und dünnern Hebelarme das Gleichgewicht hält. Die Geschwindigkeit, womit das fließende Wasser die Kugel, deren spec. Gewicht nur unmerklich größer als das des Wassers sein muß, forttreibt, wird auf gleiche Weise, als so eben gezeigt worden ist, gefunden; denn mit Beibehaltung der in der Formel enthaltenen Bezeichnungen und das Gewicht des Laufgewichts, welches den Wagebalken in horizontaler Richtung erhält, P' genannt, ist $P \cdot m \cdot F \frac{V^2}{4g} \cdot AE = P' \cdot QA$. — Auch hierbei wird die Geschwindigkeit für eine gewisse Länge des Hebelarms $= OA$ gefunden und es ist dann $V = V' \sqrt{\frac{AQ}{AO}}$. Hiermit kann das Wasser in jeder Tiefe gemessen werden. Raucourt bediente sich bei seinen Messungen der Newa eines Apparats, Hydrotachometer genannt. Dieser bestand aus einer Art Log, einem Schwimmer, welcher bis zu der erforderlichen Tiefe hinabgelassen, durch das Wasser fortgestoßen wurde und wobei sich die Geschwindigkeit aus der Länge einer von einem in gleicher Tiefe befindlichen Kugel abgewickelter Schnur ergab. — Mehre Strommesser sind auf das Princip des Wasserstoßes gegen eine Fläche von gegebenem Inhalte gegründet. Dahin gehört die hydraulische Schnellwage des Michelotti. Diese besteht aus einer Tafel B Fig. 323., die an einer dünnen und vorn kantigen Stange so in das Wasser herabgesenkt wird, daß dieses lothrecht dagegen stößt. Die Stange kann durch das Hebelstück A geschoben werden, um die Tafel tiefer herabzulassen, sie selbst aber bewegt den doppelten Hebelarm, an dessen einem Arme das Regulirungsgewicht N angebracht ist, um den horizontalen Stand des

len Absätzen, welche zusammen wohl 128 Fuß betragen mögen, indeß ist kein Sturz höher als die eigentliche Trolhetta von 6 Fuß. Die Dahlelbe hat bei Elkaleby einen Fall, welcher dem Rheinfalle gleich ist. Der Strom ist 0,25 Meile breit, alle Absätze zusammen betragen 110 Fuß und der eine senkrechte zwischen 30 bis 40 Fuß. Die Niedelv bei Drontheim bildet zwei Wasserfälle, den großen Leerfos, wo das

---

Wagebalkens hervorzubringen, während das Laufgewicht P′ den Druck des Wassers abwägt. Ist dann die Fläche der Tafel = F, das Gewicht des Laufgewichts = P′, die übrigen Bezeichnungen wie vorhin beibehalten, so erhält man $m . P . F \frac{V^2}{4g} . BA = P' . AM$. Ist ferner für eine gewisse Geschwindigkeit = V′ die Länge des Hebelarms = AO gefunden, so erhält man auf gleiche Weise $\frac{V^2}{V'^2} = \frac{AM}{AO}$, wonach die Geschwindigkeitsscale aufgetragen werden kann. Für größere Tiefen wird jedoch eine etwas starke und daher auch breite Stange erfordert, deren Widerstand gegen das Wasser nicht vernachlässigt werden kann, sondern mit in die Formel aufgenommen werden muß, indem man sich denselben als in ihrem Schwerpunkte vereint vorstellt. Geminiano Poletti's rheometrisches Winkelmaß, wobei ein bloßer verticaler Stab durch den Stoß des Wassers getroffen und durch ein Gewicht an einem oben befindlichen horizontalen Arme desselben in seiner verticalen Richtung erhalten wird, ist schon deßwegen verwerflich, weil ungleich schnell fließendes Wasser gegen ihn in seiner ganzen Länge stößt. — Die Wasserfahne des Ximenes Fig. 324. besteht aus einer Tafel, welche an einer Stange befestigt ist, deren Zapfen sich in zwei an einem Pfahle befestigten Charnieren drehen. Am obern Ende der Stange ist die Rolle A befestigt, um welche eine Schnur geschlungen, dann über die Rolle B gezogen und am andern Ende mit dem Gewichte P beschwert ist. So wie das Wasser die Scheibe durch seinen Stoß zurücktreibt, zieht das Gewicht P′ sie wieder dem Strome entgegen, wie der Zeiger auf dem eingetheilten Halbkreise angibt, bis zur Herstellung des Gleichgewichtes zwischen beiden entgegenstrebenden Kräften. Heißt dann die halbe Breite der Scheibe b, der Halbmesser der Rolle r, das Gewicht an der Schnur P′, so ist, die übrigen Bezeichnungen beibehalten, $m . F . b . P . \frac{V^2}{4g} = rP'$, woraus nach Auffindung eines gewissen Werths von P″ für einen bekannten von V′ das Verhältniß von V zu P′ gefunden werden kann. V. Gerstner bemerkt hiergegen, daß es schwer hält, die Scheibe in die erforderliche Richtung zu bringen, und daß die nicht leicht bestimmbare, nach Umständen veränderliche Reibung der Zapfen an der Stange u. an der Rolle die bequeme Anwendung des Apparats erschwert. — Das Tachometer von Brünning gehört unter die vorzüglichsten Instrumente dieser Art und daher sind auch die durch diesen Hydrotekten angestellten Messungen ausnehmend zuverlässig. Dieses Werkzeug besteht aus einer Scheibe an einer auf die Mitte ihrer Rückseite lothrecht befestigten Stange, welche bei X durch ein Loch

Wasser 96 Fuß hoch und 400 F. breit ruhig auf einer wenig unterbrochenen Fläche herabfällt, und weiter unten den kleinen Leerfos, wo der Strom nur 180 F. breit, 80 F. hoch über viele Unebenheiten herabstürzt. Die Lundelv hat einen Wasserfall, welcher bei geringer Höhe unter die schönsten in Norwegen gehört. Der Strom ist 130 bis 140 F. breit, stürzt in einem breiten Bogen 20 bis 24 F. herab,

---

in oder neben dem zu ihrem Halten bestimmten Pfahle gesteckt ist Fig. 325. Um bei großen Flüssen in verschiedenen Tiefen zu messen, befindet sich dieses Loch in einem eignen Schieber, welcher, den Pfahl umschließend, vermittels einer gezahnten Stange und eines Getriebes auf die erforderliche Tiefe herabgebracht wird, während man den unten zugespitzten u. mit Eisen beschlagenen Pfahl an oben und unten befestigten Stricken festhält. Am andern Ende der Stange befindet sich ein gekrümmter Haken, an dessen Ende ein Strick gebunden ist, welcher über die Rolle R geführt und am kürzern Hebelarme AC befestigt wird. Der Wasserstoß gegen die Scheibe drückt diese zurück und die Stange zieht an der Schnur den Hebelarm herab, bis das Laufgewicht P′ am längern Hebelarme das Gleichgewicht wieder herstellt. Bedient man sich eines gleicharmigen Wagebalkens, so fällt die Berücksichtigung der ungleichen Längen des Hebelarms weg, es genügt, nur das Gewicht P′ veränderlich zu machen, und man erhält dann, mit Beibehaltung der oben angenommenen Bezeichnungen $m \cdot F \cdot P \frac{V^2}{4g} = P'$, wobei es immerhin am rathsamsten ist, das Verhältniß zweier Bestimmungen von V′ und P″ empirisch aufzusuchen, obgleich bei diesem Apparate die theoretische Bestimmung mit der Erfahrung am genauesten übereinstimmen würde. Es steht hierbei blos die Reibung der Stange in ihrem Loche entgegen, obgleich auch diese durch die Richtung der Schnur sehr vermindert wird, welche die Stange mindestens in ihrer geraden Richtung erhält; der Einfluß der Reibung der Zapfen an der Rolle kann jedoch nicht vermieden werden, wenn gleich die am Wagebalken stattfindende von gar keiner Bedeutung ist; auch liegt es in der Natur der Wasserbewegung, daß der Wagebalken stets oscillirt und nur mit Mühe zum Gleichgewicht gebracht wird. — Soll die Geschwindigkeit des schnell fließenden Wassers an einer bestimmten Stelle und zugleich blos an der Oberfläche aufgefunden werden, so kommen hierbei häufig Fälle vor, wo die bereits angegebenen Apparate nicht anwendbar sind. Man bedient sich dann blos eines kleinen Rädchens mit Schaufeln, die durch das fließende Wasser fortgestoßen werden, und mißt die Geschwindigkeit aus der Zahl der Umdrehungen des Rädchens, die man durch einen um seine Welle sich aufwickelnden Faden oder durch eine Schraube ohne Ende erhält und wobei eine genaue Zeitbestimmung als zweites Element der Berechnung unentbehrlich ist. Die letztere Vorrichtung ist zwar zusammengesetzter, aber auch bei weitem die genaueste, in jedem Falle muß das Rädchen leicht und die Reibung der Zapfen möglichst vermieden sein. Die Zeichnung Fig. 326. gibt eine deutliche Vorstellung, die Messung aber dient ganz einfach zur Auffindung der Geschwindigkeit, wenn man die Zeit

ein Arm desselben bricht sich an einem Felsen und steigt mit einem durchsichtigen Nebel umgeben in die Höhe, und dieses Phänomen wiederholt sich 6 bis 7mal in geringen Höhen, bis sich das Ganze in ein weißes Gekräusel auflöst. Selbst unter dem Polarkreise, zu Viigtil sind zwei Wasserfälle, deren Höhe wohl 1000 F. beträgt. Ueberraschend schöne Wasserfälle durch den Contrast des weißen Wasserschaumes mit der schwarzen Lava sind auf Island. Einer derselben ist an der Nordseite in der Nähe des Lissawatensees unfern Hals, wo das Wasser aus und über Lava stürzt, ein anderer ist an der Ostküste der Insel bei Stafafel, welcher bei ansehnlicher Wassermenge eine senkrechte Höhe von 420 englische F. hat, und ein dritter an der südlichen Küste bei Holt in den Eyafiallabergen, wo das Wasser 800 englische Fuß herabstürzt. Er hat das Eigenthümliche, daß zuweilen der starke Wind am Fuße des Berges die gesammte Wassermasse in eine Staubwolke verwandelt und in die Höhe hebt. Unter die höchsten Wasserfälle in Europa gehören die in Spanien, wo aus einem Amphitheater des Berges Marbore 10 bis 12 Gießbäche von einer 1400 Fuß hohen Wand herabstürzen. Der höchste von ihnen fällt 1256 Fuß hoch herab. Die

---

eines Umlaufs mit der Peripherie des Rädchens multiplicirt. Machte z. B. das Rädchen in 2 Minuten 360 Umläufe und wäre sein Halbmesser 0,5 Fuß, so erhielt man die Geschwindigkeit $V = 0,5 \cdot \pi \cdot 2 \cdot \frac{360}{120} =$ 9,42 Fuß in einer Secunde. Dem beschriebenen Apparate sehr ähnlich ist ist der von Bourcart zu dem nämlichen Zwecke vorgeschlagen, jedoch etwas mehr zusammengesetzt. — Bei weitem das vorzüglichste Instrument ist Woltmanns Strommesser oder hydrometrischer Flügel, dessen Beschreibung ausführlich mitgetheilt zu werden verdient. Derselbe besteht aus einer in der Mitte vierkantig durchbohrten Scheibe (Fig. 327.) mit vier auf einander lothrechten Röhren, in welche die Stiele der vier Flügel A, B (welche beide allein sichtbar sind) gesteckt und nach gehöriger Richtung vermittels der Schrauben δ, δ festgeschraubt werden. Die vierkantige Oeffnung wird auf das gleichfalls vierkantige Ende der Welle a b aufgesteckt und mit der Schraube c festgeschraubt. Die Welle a b ist bei a etwas konisch und wird durch die gleichfalls konische Oeffnung gesteckt, am andern Ende b aber durch die Spitze der Schraube r festgehalten. Sie hat in der Mitte eine Schraube ohne Ende d, deren Gewinde in die Zähne des Rades C eingreifen und letzteres herumdrehen. Das Rad ruht mit seiner Achse in den Oeffnungen des Rahmens e f, welcher in e drehbar, in f aber an eine Schnur gebunden ist, so daß das Rad sich hebt und in die Schraube eingreift, wenn man diese Schnur in die Höhe zieht, aber wieder still steht, wenn man die Schnur nachläßt, die Feder i den Rahmen niederdrückt und das Stiftchen k in die Zähne eingreift. Der Rahmen, welcher den ganzen Apparat hält, hat zwei Hülsen l, l, die sich um die Stange m n drehen. Die Enden dieser Stangen drehen sich wieder in Hülsen mit verlängerten gekrümmten Lappen o, o, durch welche die den Apparat haltende Stange oder ein Pfahl gesteckt und zwischen den Lappen durch die Klemmschrauben p, p festgeklemmt wird, um ihn in den Strom bis zu der erforderlichen Tiefe hinab-

Katarakten des Nil bei Alata und Syena sind von Alters her bekannt. An der Bergstraße von Fazuclo, am obern Nil, sind drei Katarakten, deren einer 280 Fuß Höhe hat. Dort ist der Fluß nicht breiter als die Tiber bei Rom, weßwegen die räuberischen Galla bei ihren Einfällen in Habesch leicht übersetzen können. Die berühmten Wasserfälle bei Syene sind eigentlich die untersten einer Reihe Stromschnellen, welche die von Ibrim oder der Kennous, eines armen Fischer-Völkchens, genannt werden. Am stärksten und eigentlichen Katarakten ähnlich ist der Sturz bei Syene, Schellal genannt. Bei niedrigem Wasserstande fällt das Wasser in drei Absätzen zu 50 Fuß Länge ohngefähr 7 bis 8 Fuß herab, bei hohem wird alles zu einem reißenden, 3000 Fuß breiten Strome, welchen die nubischen Schiffer mit ihren Flößen nicht ohne Gefahr durchsegeln. Außerdem haben der Senegal und Zaire bei Yellala bedeutende Katarakten. Die Höhe des letztern wird zu 30 Faden, nach neuern Messungen zu 80 F. angegeben, jedoch ist derselbe sehr imposant, da man unter dem Bogen des herabstürzenden Wassers hingehen kann. Auch bei Rodezand sah Lichtenstein einen Wasserfall von 30 — 40 F. Breite und 80 — 90 F. Höhe, obgleich der Fluß

---

zulassen. Der Rahmen hat zwei geschlitzte Lappen, zwischen welche die breite und lange Fahne D gesteckt und vermittels der Schrauben g, g festgeklemmt wird, um den Flügeln stets die lothrechte Richtung gegen den Strom zu geben. Damit endlich die Flügel den gehörigen Abstand vom Centrum und die erforderliche Richtung erhalten, bedient man sich einer Scheibe vw, die am Arme x befestigt ist, dessen Halter am Arme st mit zwei Stiften in zwei Löcher bei u festgesteckt wird. Vermittels dieser Scheibe Fig. 328., die durch eine besondere Zeichnuug versinnlicht ist, werden alle vier Flügel gerichtet und dann wird die Scheibe mit ihrem Halter weggenommen. Die Beobachtung geschieht so, daß man den Strommesser an seiner Stange mit schlaffer Schnur, und nachdem zuvor die Scheibe C vermittels des Stifts k auf 0° der Theilung eingestellt worden ist, bis zur erforderlichen Tiefe in das Wasser eingesenkt, wobei die Flügel die der Stromgeschwindigkeit zugehörige Schnelligkeit der Umdrehung annehmen. Man zieht dann die Schnur schnell an, hält sie während einer vermittels einer Secundenuhr genau gemessenen Zeit von 0,5 oder 1 Minute oder darüber fest und läßt sie dann eben so schnell los, so daß der Stift k das Rad wieder feststellt und die Zahl der Zähne die Menge der Umdrehungen der Flügel angibt. Sind die Flügel in einem Winkel von 45° gegen die Strömung des Flusses gerichtet, so erfolgt der Theorie nach die Umdrehung mit gleicher Geschwindigkeit, als die des fließenden Wassers. Ist also der Halbmesser der Flügel vom Centrum der Achse ab an gerechnet $= r$, die Zahl der Umdrehungen oder der während t Secunden durch den Stift k gemessenen Zähne $= n$, der beständige Coefficient $= m$, so ist die Geschwindigkeit $V = m \,.\, 2r \,.\, \pi \,.\, \frac{n}{t}$. — Man thut indeß wohl, die Flügel in einen Winkel von etwa 43° zu richten und den beständigen Coefficienten m durch Versuche auszumitteln.

damals nur klein war. — In Amerika sind viele unglaublich schöne Wasserfälle, worunter der des Patowmak in den Alghehenny-Bergen von 72 F. Höhe und 800 F. Breite; des Cohoz, 30 F. hoch; des Genessee, zwei von 60 bis 80 F. Höhe; des Passaik, von 70 F.; des Connecticut, von 60 F.; vor allen andern aber des Rio Vinagre bei Puraze, von 370 F.; des Rio de Bogota bei Tequendama, von 537 F. und des Niagara, von 163 F. die vorzüglichsten sind. Die drei letztern, bekannt durch von Humboldt's malerische Beschreibung, verdienen als eigentliche Naturwunder etwas genauer gekannt zu werden. — In einer Höhe von 2650 Metern über der Meeresfläche ist eine kleine, von Indianern bewohnte und herrlich angebaute Ebene (Llano del Corazas). Sie ist durch zwei Schluchten begrenzt, an deren einer das liebliche Dorf Puraze unfern des Vulkans gleiches Namens liegt. Hier ist der reizende Wasserfall, durch den kleinen Fluß Rio Vinagre gebildet, dessen Wasser warm ist, und einen säuerlichen Geschmack hat. Derselbe hat drei Cascaden, und stürzt in eine Schlucht von 120 Metern hinab, wo er unten in Staub und Schaum verwandelt wird. — Ein einziger Fluß, der Funzha, meistens Rio de Bogota genannt, nimmt alles Wasser des 2660 Metres über dem Meeresspiegel liegenden Thales von Bogota auf. Er verläßt dieses Thal bei der Meierei von Tequendama, indem er sich durch eine Oeffnung in eine Schlucht stürzt, die sich gegen das Bassin des Magdalenenflusses hinzieht. Der hier befindliche Wasserfall vereinigt alles, was eine Gegend malerisch machen kann. Mit Unrecht wird er dort für den höchsten in der Welt gehalten, aber gewiß ist wohl, daß es kaum noch einen anderen gibt, welcher eine so große Menge Wassers mit einer so ansehnlichen Fallhöhe verbindet. Nicht weit über dem Falle hat der Fluß noch eine Breite von 41 Metern, beim Anfange der anscheinend durch ein Erdbeben gebildeten Kluft aber muß er sich zu 10 bis 12 Meter Breite verengen. Hier stürzt die gesammte Wassermasse in zwei Streifen in eine Tiefe von 175 Meter herab, und auch zur Zeit der Dürre hat sie ein Profil von 90 Quadratmetern. Obgleich beim Sturze eine Menge Wasser in Dunst verwandelt wird, so ist der Strom dennoch unten dergestalt reißend, daß sich der Beobachter dem vom Wasserfalle ausgehöhlten Bassin auf 140 Meter nicht nähern kann. Nur schwach wird die Schlucht vom Tageslichte erhellt. Die Einsamkeit des Ortes, der Reichthum der Vegetation und das schreckliche Geräusch des stürzenden Wassers machen den Fuß dieser Cascade zu einer der wildesten Gegenden in den Cordilleren. — Der stärkste Wasserfall, den es wahrscheinlich auf der Erde gibt, ist der des Niagara. Muncke, von dem auch die vorhergehenden Angaben entlehnt sind, theilt folgende Beschreibung desselben mit. Der Fluß ist weit von dem Falle ½ Meile breit und fließt mäßig geschwind, aber immer schneller, je näher dem Sturze. In einem engen Bette fließt er bis zu einer etwa 1400 F. langen Felseninsel, welche ihn spaltet und sich bis an den Sturz erstreckt. 2½ Meilen von dem Falle kann der Strom nicht mehr befahren werden, und die einschließenden Berge rücken immer mehr zusammen. Die trennende Insel ist am Ende etwa 120 F. breit. Der eine Arm,

1800 Fuß breit, ist vor dem Sturze viel reißender, und brauset über verborgene Klippen, bis er sich lothrecht 137 Fuß herabstürzt. Der andere Arm ist kleiner, 1050 Fuß breit, fällt aber höher herab. Das Getöse gleicht dem Donner, und der Anblick des herabstürzenden und aufschäumenden Wassers gewährt einen schaudervollen Eindruck. Dünste steigen stets als ein dichter Nebel empor, und gleichen aus der Ferne einer dicken Rauchsäule von brennenden Waldungen, worin die Sonnenstrahlen Regenbogen erzeugen. Die niedergedrückte Luft steigt in Kugeln in die Höhe, und schleudert das Wasser hoch empor. Im Winter gefriert der Nebel an den Bäumen zu den herrlichsten Krystallen. Der Boden bebt, und das Getöse hört man bis vier Meilen. In der großen Kluft unterhalb des Falles hat der Strom noch einen Fall, $1\frac{1}{2}$ Meilen weiter unten, von wenigstens 65 Fuß Höhe, und man glaubt, daß beide ehemals zusammengehangen haben, die Felsen aber ausgespült sind. Die Europäer haben ihn jedoch nie anders gekannt. Unterhalb des Wasserfalls setzt er aus dem gebildeten Schaume vielen Sinter ab.

Die Ueberschwemmungen der Flüsse, deren schon oben gedacht wurde, sind theils regelmäßig wiederkehrend, theils unregelmäßig. Die regelmäßig wiederkehrenden haben ihren Ursprung in großartigen Naturereignissen, welche mit dem Wechsel der Jahreszeiten zusammenhängen, die unregelmäßigen rühren von unregelmäßig eintretenden Naturereignissen ab, namentlich von Wolkenbrüchen, und da diese gegen die obenerwähnten Naturereignisse immer nur unbedeutend, und auch gegen die Wassermenge der großen Ströme nicht von großer Bedeutung sind, so treten sie am merklichsten nur bei kleineren Flüssen auf. So werden kleine Bäche oft durch einen Wolkenbruch, oder durch plötzliches Schmelzen des Schnees in den Gebirgen zu reißenden Sturz- und Wildbächen, die oft große Verheerungen veranlassen. Die regelmäßigen Ueberschwemmungen der großen Ströme rühren theils von dem regelmäßig in der warmen Jahreszeit eintretenden Schmelzen des Schnees auf den hohen Gebirgen, aus denen sie selbst und die meisten ihrer Nebenflüsse kommen, theils, und dieses ist besonders bei den Strömen der heißen Zone der Fall, von den periodischen Regengüssen her, deren Wasser sich in ihnen sammelt. Unregelmäßige Ueberschwemmungen zeigt unter den großen Flüssen vorzüglich nur die Donau. Die Nebenflüsse dieses Stromes entspringen nämlich großentheils in einer Ausdehnung der Alpen, welche gleichzeitig durch heftige Regen getroffen werden können. Regelmäßig jährlich wiederkehrende Ueberschwemmungen haben der Rhein, die Donau, der Nil, der Zaire, der Senegal und Pegu, die Wolga, der Euphrat, der Ganges, der Menan, der Jenesei, der Parana zweimal des Jahres, der Rio Dolce, der Orinoko, der Plata, der Amazonenfluß, der Missisippi u. a. Am bekanntesten sind die Nilüberschwemmungen, obgleich sie an Größe denen mehrer anderer Flüsse, namentlich der Wolga, des Ganges, Missisippi, Orinoko, Amazonenflusses und anderer nicht gleich kommen. Im Mai beginnen die periodischen Regen, und schmelzen den Schnee auf den Mondgebirgen, wonach das Wasser in der Mitte Juni in Aegypten ankommt.

Anfangs steigt das Wasser in drei Tagen nur etwa einen Zoll, so daß bis Ende Juni die Schwellen unmerklich bleiben, dann stärker 46 Tage lang, zuletzt täglich 4,8 Zolle. Die Höhe des Wassers kann vermindert, und seine Ankunft verzögert werden durch heftige Nordwinde, welche das Wasser aufhalten und die Wolken vertreiben, so daß sie sich weniger entladen. Nach einem Mittel aus 30 Jahren trifft die größte Höhe nie früher oder später als in der ersten oder zweiten Woche des Monats August. Ehemals bedurfte man nur 16 Fuß vom Nullpunkte des Nilmessers, jetzt aber, da der Boden erhöht ist, muß er 24 Fuß steigen, um das Land gehörig zu bewässern. Es herrscht dann große Freude, der Hauptcanal bei Cairo wird mit Feierlichkeit durchstochen, und die Bewässerung beginnt. Das Wasser erhält sich bis Anfang September, fällt dann, und überzieht den hinlänglich befeuchteten Boden mit fruchtbarem Schlamme. Man erntet demnächst dreimal, erst Gemüse, dann Korn, dann wieder Gemüse. — Bei Damiate und Raschid kommen die Schöpfräder der Bewässerung zu Hilfe. In Oberägypten muß das Wasser 30 bis 35 Fuß, in Mittelägypten 20 bis 25 Fuß, in Unterägypten 14 bis 15 Fuß steigen, wenn die Bewässerung vollständig sein soll. Die alten Aegyptier kannten den Wasserstand genau nach der Angabe ihres Nilmessers zu Memphis, und kamen der Bewässerung durch künstliche Mittel, wozu der See Möris, der Joseph's Canal u. a. dienten, zu Hilfe. Außer dem Schlamm führt der Nil auch Sand, und hat dadurch nicht bloß das Delta gebildet, sondern auch dieses und sein eigenes Bette erhöhet. Das Wasser dringt indeß von unten her durch den Sand in den Boden, befeuchtet diesen, und macht ihn zum Anbau von Zuckerrohr, Indigo und Baumwolle geschickt, welche in dem überschwemmten Boden nicht gedeihen. Die Quantität des Nilwassers vermehrt sich bei dem Schwellen um das Neunfache. Gewöhnlich ist sein Wasser sehr rein, klar und mild, auch gesund, wird zum Trinken gebraucht, und ist selbst bis Fezzan das Bild der Reinheit und Anmuth. Auch im Anfange der Schwellen ist es völlig klar, wird demnächst grünlich von den stagnirenden Sümpfen der Shangalla, und endlich röthlich von der Erde der Sennaarterrasse, ist aber zum Trinken nicht schädlich. Bei sehr niedrigem Stande ist er bis Rosette 1,5 Stunden vom Meere salzig, weil das Meerwasser eindringt, und man kann ihn nicht befahren, zur Zeit der Schwellen kommt man jedoch bequem in acht Tagen von Cairo nach Assiut. — Beim Ganges entstehen die Schwellen durch die Regenzeit und das Schmelzen des Schnees auf den Himalaya-Gebirgen. In seinem obern Theile beginnen die periodischen Regen schon im April, im untern erst im Juni; das Wasser steigt in den ersten 14 Tagen täglich nur etwa 1 Zoll, dann 3, 4, 5 und mehr Zoll, so daß der Fluß Ende Juni schon über 15 Fuß gewachsen ist. Im Mittel wird seine Höhe um 32 Fuß vermehrt, und das ganze Flachland zwischen ihm undde m Burremputr in einen großen See verwandelt, aus welchem die Ortschaften mit ihren Dämmen wie Inseln hervorragen. Der Strom unterscheidet sich stets von dem stagnirenden Wasser durch seine reißende Bewegung und sein trübes Ansehen. Weht der Wind ihm entgegen, so steigt die Fluth

ungewöhnlich, und richtet große Verheerungen an. In der Mitte August fängt das Wasser an zu fallen, und in den nassen Schlamm wird Reis gesäet, welcher ausnehmend gedeiht. Während der Ueberschwemmung findet Binnenschifffahrt zwischen Bengalen und Behar über einen Landstrich von 14900 Quadratmeilen (1800 mehr als Großbritannien) statt, indem etwa 30000 Schiffer für die Bedürfnisse von 10 Millionen Menschen sorgen. Der Amazonenfluß bietet ähnliche, wo möglich noch großartigere, Erscheinungen dar.

Einige Flüsse verschwinden unter Felsen und treten später wieder hervor. Sehr bekannt ist in dieser Beziehung die Perte du Rhône. Die Rohne hat unterhalb Genf eine Breite von etwa 300 Fuß, ihre Ufer verengern sich aber bei Fort Ecluse, daß sie in einer Breite von nur 50 Fuß zwischen und über Felsen hinrauscht. Endlich verschwindet sie unter einem Felsengang und bricht aus demselben in einer Entfernung von 60 Schritt wieder hervor. Der Timavo fließt von Fiume nach Canciano, fällt hier in eine Höhle am Fuße eines Berges, kommt wieder hervor, stürzt abermals in einen Abgrund und bricht aus diesem endlich durch 7 Oeffnungen bei Divino wieder hervor. In Surrey bei Darking verschwindet der Fluß Mole, und tritt unter starkem Brausen bei Leatherhead wieder hervor. Ohnweit ihres Ursprunges verschwindet auch die Guadiana, welche in einem See wieder austritt. In Norwegen verschwand der Gaule 1344 in die Erde und brach nach einigen Tagen mit solcher Heftigkeit wieder hervor, daß er das angrenzende Thal mit Erde und Steinen anfüllte, sich einen Damm bildete, diesen endlich durchbrach und einige Kirchen nebst 48 Bauerhöfen zerstörte, und dabei 250 Menschen das Leben raubte. In Saltens Vogtei bei Gillesdaal stürzt sich ein großer schöner Wasserfall in einen tiefen Trichter, den Helvedskiedel (Höllenkessel) in Kalkfelsen, verschwindet darin und kommt in großer Entfernung in der Nähe des Meeres wieder zum Vorschein. Viele ähnliche Fälle von Wasserschwinden kommen in Nordamerika, in der Schweiz und an andern Orten vor. Zuweilen verschwinden aber auch Flüsse, ohne irgend wo wieder zum Vorschein zu kommen. Einige enden in einer nicht bedeutenden Lache, andere versiegen im Sande. Am großartigsten kommt dieses Phänomen in den großen afrikanischen Sandwüsten vor. Der Poorally in Beludchistan hat in der Regenzeit eine Breite von 2 engl. Meilen, trocknet aber nachher so völlig aus, daß sein Flußbett als Heerstraße dient. Das merkwürdigste Beispiel ist der Orange-River. Er entspringt in den Gebirgen und hat während des Sommers in Folge der Gewitter und periodischen Regen hinreichend Wasser, um selbst Kriegsschiffe tragen zu können. Im oberen Laufe drängt er sich zwischen Felsen durch, zwischen denen die ausgerissenen Baumstämme oft einen Damm bilden, und große Ueberschwemmungen verursachen. Nach der Küste hin wird er seichter und versiegt im Winter gänzlich nach einem Laufe von 150 Meilen, und nachdem er viele große Flüsse aufgenommen. Der Krooman oder Kuruhman in Afrika bricht unter 28° 50′ südl. Br. als ein starker Strom aus unterirdischen Felsenschluchten hervor und versiegt bald nachher im

Sande, ohne irgend wo wieder zum Vorschein zu kommen. Drei große Flüsse in Neu-Süd-Wallis versiegen in Sümpfen.

Wenn der Wind dem Laufe der Flüsse entgegenweht, so hält er das Wasser in der Schnelligkeit seines Laufes auf. Am bedeutendsten geschieht dieses in solchen Flüssen, welche vor ihrer Mündung ins Meer eine große Strecke weit geradlinig durch flaches Land gehen. Hier treibt der Wind sogar das Seewasser zuweilen stromaufwärts und bewirkt Ueberschwemmungen. Ans Unglaubliche grenzt eine Erscheinung, die sich im April 1793 im La Plata ereignet haben soll. Ein heftiger anhaltender Wind bließ dem Strome entgegen und häufte die ungeheure Wassermasse 10 franz. Meilen entlang auf, so daß oberwärts das Land weithin überschwemmt war, bei der Mündung aber das Strombett so völlig leer wurde, daß man trocknen Fußes darin gehen konnte und früher versunkene Schiffe, unter andern ein 1762 versunkenes englisches Schiff, sichtbar wurden, und von den Anwohnern des Flusses ausgebeutet werden konnten. Erst nach 3 Tagen kehrte der Strom mit ungeheurer Gewalt in sein früheres Bett zurück. Ueber die Wirkung der Ebbe und Fluth auf die Flüsse und die damit zusammenhängenden merkwürdigen Erscheinungen, s. d. Art. Ebbe und Fluth.

Strontium, ein leichtes Metall, die Basis des Strontians, eines dem Baryt ähnlichen Alkalis, welches sich als Cölestin oxydirt, mit Schwefelsäure verbunden findet, mit Kohlensäure als Strontianit und im Arragonit, auch den Schwerspath öfters begleitet. Nach Berzelius findet es sich in geringer Menge im Karlsbader und nach Brandes auch im Pyrmonter Mineralwasser. Es hat große Aehnlichkeit mit dem Baryum, und wurde zuerst von H. Davy dargestellt. Der Strontian oder die Strontianerde, eine Verbindung von Strontium u. Sauerstoff ist alkalisch, grauweiß, porös und nicht wohl schmelzbar. Er gibt mit wenig Wasser ein weißes schmelzbares Hydrat, mit mehr Wasser Krystalle, und mit noch mehr Wasser Strontianwasser. Die Strontiansalze ertheilen der Flamme des Weingeistes, wenn sie darin gelöst wurden, so wie der Flamme des Fettes u. s. w. vor dem Löthrohr eine purpurrothe Farbe. Der salpetersaure Strontian krystallisirt wasserleer in regelmäßigen Oktaëdern und ist luftbeständig; wasserhaltig in schiefen rhombischen Säulen und deren Abänderungen, und verwittert an der Luft. Der salzsaure Strontian krystallisirt in sechsseitigen Nadeln, die aus der Luft Feuchtigkeit anziehen und im Weingeist löslich sind. Die Verbindungen mit Chlor, Jod, Schwefel und Phosphor, verhalten sich übrigens wie die analogen Barytverbindungen, zeichnen sich aber im Allgemeinen durch leichtere Löslichkeit im Wasser aus. Man bedient sich der Verbindungen des Strontiums bei Feuerwerken zur Erzeugung einer schön purpurrothen Flamme.

Sublimation, ist eine chemische Operation, bei welcher die flüchtigeren Bestandtheile einer Masse (durch Wärme) von den feuerbeständigen getrennt, verflüchtigt, und aus der Dampfform in fester

Gestalt niedergeschlagen werden. Diese feste Substanz zu gewinnen ist der Zweck der Sublimation. Man bezweckt durch die Sublimation häufig auch eine Vereinigung mehrer flüchtigen Stoffe durch Wärme. Die Producte oder Educte der Sublimation heißen Sublimate, und Blumen, wenn sie in Gestalt zarter lockerer Anflüge auftreten. Bei sehr flüchtigen Substanzen bedient man sich zur Sublimation, wie bei der Destillation (s. d. Art.) der Retorten mit Vorlagen; sonst wohl auch eines Kolbens mit Helm oder zweier auf einander gestürzter Tiegel.

Sümpfe, Moore, Moräste, Brüche, werden Gegenden genannt, wo sich Wasseransammlungen im lockeren Erdreich so gebildet haben, daß auf dem trüben mehr oder weniger tiefer stehenden Wasser eine lockere, leichte, von vielen Pflanzenwurzeln und Fasern durchwachsene und zusammengehaltene Erdschicht schwimmt. Zuweilen ist dieselbe mit niedrigem Gebüsch bewachsen. Einige Moore (die festeren, bewachsenen) werden zu Viehweiden, andere nur zu Torfgewinnung benutzt. Die Ausdünstungen der in dem Wasser verfaulenden Pflanzentheile, welche namentlich bei Temperaturerhöhung eintreten, sind sehr unangenehm und der Gesundheit nachtheilig. Die Baumstämme, welche man in vielen Sümpfen findet, lassen vermuthen, daß viele Brüche ehedem mit Bäumen bewachsen waren. Die Sümpfe entstehen da, wo Quellen und Flüsse wegen eines sich nach keiner Richtung hin abflachenden Terrains, in einem erdreichen Boden keinen ungehinderten Abfluß finden. Im nördlichen Europa und Amerika kommen die bedeutendsten Sumpfgegenden vor. Das große Torfmoor zwischen Eupen und Malmedy liegt 2800 Fuß über dem Niveau des Meeres. Die Entfernung dieser Orte beträgt 6 Meilen, auf denen nur ein einziges Haus steht. Aus den hier liegenden vielen Sümpfen gehen Bäche nach allen vier Weltgegenden aus. In Holland, wo an einigen Stellen das Land tiefer als die Meeresoberfläche liegt, gibt es viele Sümpfe. De Luc erklärt jenen Umstand daraus, daß in dem (durch Dämme abgeschützten) Moorlande, das Wasser allmählig verdunstet und die obere Erdkruste herabgesunken sei. Daher müssen auch die Binnenwater durch künstliche Mittel hinweggeschafft werden. Bedeutende Sümpfe sind in Deutschland das Teufelsmoor bei Bremen, das Burtanger an der Grenze des Oldenburgischen und die Sümpfe im Lüneburgischen, im Holsteinischen und in Pommern. Auch in Norwegen kommen ansehnliche Sümpfe vor, die zum Theil an Bergen liegen. Bei Lessoe ist fast eine Meile weit ein hölzerner Damm geführt, Mensch oder Thier, das strauchelt, versinkt fast augenblicklich. Die Decke des Morastes Sövenhàz bei Raab wird mehre Quadratmeilen weit von einer schwankenden mit gutem Grase bewachsenen Erdrinde bedeckt. Berühmt sind aus dem Alterthume die Pontinischen Sümpfe in der Gegend von Rom, an der neapolitanischen Grenze in südwestlicher Richtung von Rom. Ihre Länge von Cisterna bis Terracina beträgt 42000 Meter, ihre Breite ist aber viel geringer. Im NW. werden sie von Kalkbergen (Mont Lepine), im SW. vom Meere durch angeschwemmte

Gebirge und eine Reihe Dünen begrenzt. Jenseits dieser Dünen haben sich neue Sümpfe und eine zweite Reihe Dünen durch das Meer gebildet. Der Berg Circeo, 525 Meter hoch, ist der Hauptpunkt am Ufer, als Widerstand gegen die Wellen. Die ganze Fläche derselben hält 130261,07 Hectaren. Näher bezeichnet enthalten sie im eigentlichen Profil in Aren

	rechte Seite	linke Seite der via Appia
Kornland	124151	227273
Maisland	28611	232609
Weide	583562	227982
Morast	81715	127031
Ursprungs-Morast	140267	111418
Total . .	958306	926313

Summe des in Erbzinspacht gegebenen	1884619
Wege, Canäle u. s. w.	77677
Verpachtete Raine	1070629
Total . .	3032925 Aren (franz. Ares).

So viel man weiß, wohnten anfangs Volsker in dieser Gegend, und hatten den Boden gesund und fruchtbar gemacht, bis sie von den Römern unterjocht wurden. Ob dieser Zustand der Gegend noch bestand, als 422 n. R. E. die via Appia durch App. Claudius Coecus gebaut wurde, ist ungewiß, aber 280 Jahr später unternahm Corn. Cethegus die Austrocknung derselben, wurde aber hieran durch den Tod Cäsars gehindert. Augustus unternahm dieses abermals, und man glaubt, daß er einen schiffbaren Canal in der Länge der Sümpfe neben der Appischen Straße wieder hergestellt habe. Von ihm rührt noch ein Canal her, welcher am Fuße des Berges Circeo vorbei, an der Seite von Terracina sich nach dem Ufer des Meeres erstreckt. Die via Appia wurde unter Nerva und Trajan reparirt, aber Austrocknungsversuche machte zuerst wieder der Patricier Decius unter Theodorich mit vollkommenem Erfolge. Die Sache dauerte aber nicht lange, und es wurde die Arbeit wiederholt unter den Päbsten Leo X., Sixtus V. und vorzüglich Pius VI. Der erstere ließ im Anfange des 16. Jahrhunders unter der Leitung des Julius von Medicis durch den Ingenieur Giovanni Scotti, den sogenannten Portatore di Badino bauen, wodurch die Sümpfe einen Abfluß ins Meer erhielten. Der zweite brachte den Canal Sisto 1588 durch Ascanio Fenizi zu Stande; der dritte endlich legte im 18. Jahrhundert einige bedeutende Werke an, vorzüglich einen Canal, linea morta genannt, unter der Leitung des Rapini von 1777 — 1781. — Die Ungesundheit der Sümpfe wird hauptsächlich bedingt durch die zahlreichen Insekten, welche dort entstehen und vermodern, nebst der Menge von Wasserthieren. Die Ausdünstungen der Pontinischen Sümpfe gehen des großen zwischenliegenden Waldes von Simonetta ungeachtet auf 40

Meilen bis Rom. Die Flüsse Amosenus und Ufens erzeugen durch ihre Ueberschwemmungen diese Sümpfe, welche der Sitz weniger armer und bleicher Fischer sind, umgeben von zahllosen Heerden Insekten und Fröschen.

Zuweilen werden große Strecken der auf dem Wasser schwimmenden Erdschicht in der Nähe eines Sees losgerissen, und treiben dann schwimmend auf dem Wasser, sogenannte schwimmende Inseln bildend. Sie sinken auch zuweilen nieder und heben sich später wieder empor. Schon Herodot erzählt von einer schwimmenden Insel Chemnis auf einem breiten und tiefen See bei Butus in Unterägypten. Sie mußte festes Erdreich enthalten, denn sie war mit vielen Bäumen bepflanzt und auf ihr standen ein Tempel des Apollon und drei Altäre. Sie soll wie eine andere in Lydien, von der Seneca erzählt, aus Bimstein (der bekanntlich auf dem Wasser schwimmt) bestanden haben. Die Möglichkeit und Wirklichkeit solcher Inseln ist erwiesen. Ein Theil einer morastigen Gegend, Holway-Neß in England, wurde einst mit Häusern und Bäumen u. s. w. nach einem starken Regen plötzlich aufgehoben und fortgerückt. Eben so wurde in Irland in der Grafschaft Galway 1745 nach einem heftigen Sturme mit starkem Regen eine Strecke des Torfmoores aufgehoben, und über einen 300 Morgen ausgedehnten Wiesengrund getrieben. Aber auch auf dem Wasser bewegen sich solche Inseln, wie namentlich eine im Gerdauer-See in Ostpreußen aus Binsen, Reisig und Wurzelfasern bestehend und mit Erde bedeckt, übrigens von solcher Masse und Ausdehnung, daß gegen 100 Stück Vieh darauf weideten. Im Jahre 1510 wird ihrer zuerst gedacht, 1707 war sie in 3 Stücke getheilt, auf deren größtem noch etwa 30 Stück Vieh weiden konnten. Wo sie antrieb, wurde sie von den Anwohnern festgebunden, und dadurch allmählig zerstückelt. Im See Icker in Osnabrück soll es eine schwimmende Insel mit Erlen von 15 Fuß Höhe gegeben haben; bei Rovigo aber, zwischen Etsch und Po sollen sich deren mehre vom Winde umhergetrieben befinden, wovon die Größe der einen auf 100 Morgen geschätzt wird. — In Schweden im See Ralängen ist eine unter Wasser befindliche schwimmende Insel, 280 Fuß lang, 220 Fuß breit, meistens 8 bis 10 Fuß unter Wasser. Oft ist sie emporgekommen, und einige Zeit schwimmend geblieben, z. B. 1696 Anfang October 14 Tage, 1712 im August 6 Wochen, 1726 vom 7. bis 29. September, 1743 vom 5. September bis 9. October, 1746 vom Ende August an 6 Wochen. Man fand viele Baumstämme auf ihr, die Erdrinde wurde so hart, daß man darauf gehen konnte. — Im See Rimmern in Ostgothland war eine Insel 150 Fuß lang, 50 Fuß breit, welche 1749 herauf kam, und 12 Wochen umherschwamm. Sie hatte gleichfalls viele Baumstämme und trug einige sehr schwere Steine. — Eine schwimmende Insel, Keswick im See Derwent in England, hält ohngefähr 6 Fuß in der Dicke, befindet sich 150 Yards vom Ufer, ist oft einen ganzen Morgen ausgedehnt, zuweilen nur wenige Ellen, erhebt sich zu Zeiten mehrmals in einem Sommer, vorzüglich bei warmer und trockner Witterung, zuweilen kommt sie in 6 bis 7 Jahren

gar nicht empor, bleibt beim Emporkommen unter der Oberfläche des Wassers, oder steigt bis an 2 Fuß darüber. Die Ursache ist kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas, welches sich aus den ineinander gewachsenen und durch verschiedene Erden verbundenen Pflanzentheilen entwickelt, und die gesammte Masse specifisch leichter macht als Wasser.

Die Austrocknung von Sümpfen läßt sich bewerkstelligen, wenn es gelingt, dem Wasser einen Abzug zu verschaffen. Das Moorland wird dann zu brauchbarem Ackerlande. Ein Beispiel davon ist der zwischen Ingolstadt und Neuburg in Baiern gelegene, über vier Flächenmeilen große Landstrich, welcher unter dem Namen des Donau-Moores bekannt ist. Vor 1790 war das Ganze ein unübersehbarer Morast, der sich in nassen Jahren in einen ungeheuren See verwandelte. Nur hier und da gab es trockne aber sandige Stellen, und Unkundige geriethen fast überall in Gefahr zu versinken. Die Moor- und Torfdecke war zum Theil mit niedrigem Gesträuche, zum Theil mit schlechten sauern Sumpf- und Futterpflanzen bewachsen, die dem darauf weidenden, meist bis an die Knie watenden, oft ganz versinkenden Viehe eine kümmerliche Nahrung gewährten. Unter der Oberfläche fand man, in einer Tiefe von 1 bis 30 Fuß, viele unverweste bis auf den Kern schwarz durchbeizte Holzstämme alle nach einer Richtung liegen. In den ältesten Zeiten soll, einer Volkssage nach, die Donau diese ganze Gegend durchströmt haben. Wenigstens hat die Donau, als sie noch durch die Sandarach (eine Stunde südlicher vom jetzigen Donaubette) floß, viel zur Erzeugung des Moores beigetragen. In frühern Zeiten war es vermuthlich ein großer See, gebildet durch die Ach, die von Pöttmes her durch das Moor läuft, und durch mehre andere Bäche, welche sich von den westlich und südlich gelegenen Höhen in den Thalkessel ergießen. Auch der Boden des Moors selbst enthielt eine Menge Quellen. Wenn dann die Donau in der alten Sandarach hoch stand, so trieb sie nicht nur das Wasser in der Ach und in den übrigen Bächen zurück, sondern sie trat selbst aus und erfüllte diese Niederungen mit Wasser. — Die Austrocknung dieses Donaumoores erfolgte in den Jahren 1790 bis 1794, unter der Regierung des damaligen Kurfürsten Karl Theodor und der Leitung der Freiherren von Stengel und Aretin. Die Kosten beliefen sich auf 530000 Gulden, und wurden theils von der Regierung, theils von einigen Vaterlandsfreunden getragen, welche letztere eine Gesellschaft für 30 Actien, jede zu 10000 Gulden errichtete. Nach Vollendung der Arbeit wurden 36000 Tagewerke an die ehemaligen Lehnbesitzer dieser Moorgründe als Eigenthum vertheilt und 12000 Tagewerke erhielt die Actien-Gesellschaft zur Anlegung neuer Ansiedelungen. Vor der Trockenlegung war das Moor höchstens 400000 Gulden werth und trug dem Staate 6000 Gulden, jetzt hat es einen Werth von wenigstens 6 Millionen. Ehemals konnte man den Ertrag kaum auf 60000 Centner, noch obendrein schlechtes Heu rechnen, jetzt erbaut man, außer 16000 Scheffel Getreide, an 800000 Centner Heu. Wo sonst 6000 Stück Vieh gehalten werden konnten, weiden jetzt über 20000; wo sonst Frösche und Kröten wohnten, leben jetzt (bloß in einer Colonie, zu Karlskron, 726) Menschen; wo sonst alljährlich verheerende Seu-

chen unter Menschen und Vieh wütheten, weht jetzt eine reine, gesunde Luft und macht den Aufenthalt daselbst zu einem der reizendsten.

Sympiezometer (v. d. griech. συμπιέζω zusammendrücken) ist ein von Adie erfundenes Instrument, welches den Barometer ersetzen soll und sich neben vielen Nachtheilen gegen den Barometer vorzugsweise zum Gebrauch als Meerbarometer empfiehlt. Dasselbe beruht auf dem Prinzipe der Manometer, daß nämlich bei gleichbleibender Temperatur die Gase ihr Volumen im Verhältnisse des zunehmend auf sie wirkenden Druckes vermindern. Uebt gegen eine Gasart die Atmosphäre ihren Druck aus, so ändert sich das Volumen derselben, wie der Druck der Atmosphäre ein anderer wird. Man sperrt daher in einer Röhre ein Gas durch eine tropfbare Flüssigkeit ab, welche unmittelbar (in einem offenen Gefäße) unter dem Drucke der Atmosphäre steht, und die Wirkung dieses Druckes auf das Gas fortpflanzt. Da aber auch die Wärme das Volumen der Gase ändert, so muß bei den Beobachtungen der Sympiezometer auch das Thermometer genau beobachtet werden. Adie wählte bei seinem Instrumente Wasserstoffgas, welches er mit Mandelöl sperrte, das mit Ochsenzungenwurzel gefärbt war, um die Erhebung des Oelfade in dem darüberstehenden Gasfaden bequem beobachten zu können. Muncke gibt folgende Beschreibung und Anweisung zur Herstellung des Instruments.

Das Sympiezometer besteht aus einer Glasröhre A B C Fig. 329. von ungefähr 18 Zoll Länge und 0,7 Lin. Weite, oben bei A mit einem 2 Z. langen und 0,5 Z. weiten Gefäße, und unten bei C mit einem ähnlichen, etwas größern. Bei der Verfertigung behält das obere Gefäß eine enge, offene Verbindungsröhre, welche mit einem biegsamen Rohre verbunden wird, um das Ende des letztern unter den Behälter mit getrocknetem Wasserstoffgas zu bringen. Ist dann der ganze Apparat mit Quecksilber gefüllt, so sinkt dieses durch sein Gewicht herab und es tritt so viel Gas ein, als verlangt wird, worauf man die Spitze an der Lampe zuschmelzt. Hierauf wird in das untere Gefäß nach dem Ausgießen des Quecksilbers die erforderliche Menge des Oels gegossen, der Apparat horizontal gehalten und soweit erwärmt, daß alles Quecksilber aus der Röhre in das untere Gefäß fließt, beim Erkalten aber das Oel an dessen Stelle tritt, worauf man den Rest des Quecksilbers ausgießt und den Apparat fertig erhält. Die Scale wird demnächst empirisch bestimmt, indem man den Apparat zugleich mit dem Thermometer und einem Barometer in ein luftdichtes Gefäß bringt, welches mit einer zum Exantliren und Comprimiren dienenden Pumpe versehen ist, die Theile der Scale, die den Zollen des Barometers correspondiren, bezeichnet und die Zwischenräume zwischen diesen in hundert Theile theilt, so daß man also ein Hundertstel eines Zolles messen kann. Um den Einfluß der Temperatur zu corrigiren, ist die Hauptscale oder die barometrische Scale m n auf einer zweiten o p verschiebbar, welche letztere mit der Scale des gleichfalls zum Apparate gehörigen Thermometers correspondirt. Adie gibt zwar nicht näher an, wie diese zweite Scale graduirt wird, allein die Aufgabe ist leicht zu lösen. Bei der

bekannten Ausdehnung der Gasarten, wonach das Volumen = V bei einer gegebenen Temperatur = t in das Volumen = V' bei der Temperatur = t' nach Graden der hunderttheiligen Scale $V' = V \frac{1 + 0{,}00375\,t'}{1 + 0{,}00375\,t}$ wird, könnte die Ausdehnung berechnet werden; allein da es schwierig ist, den Inhalt der obern Kugel und der Röhre genau zu messen, und die barometrische Scale mn empirisch bestimmt wird, so ist wohl nicht zu bezweifeln, daß das nämliche Verfahren auch bei der thermometrischen Scale op zur Anwendung kommt. Man darf also nur das Instrument eine gewisse Zeit, während deren das Barometer sich nicht ändert, einer ungleichen Temperatur aussetzen, den Stand der Flüssigkeit bei beiden Temperaturen bezeichnen und den Zwischenraum in die der Beobachtung zugehörigen Grade eintheilen, um hierdurch die Theilung der ganzen Scale zu erhalten. Bei der Verfertigung der barometrischen Scale auf die angegebene Weise gibt man dieser einen Normalpunkt, stellt diesen auf denjenigen Grad der thermometrischen Scale, welchen das zum Instrumente gehörige Thermometer anzeigt, und trägt dann nach dem Stande des sperrenden Oels denjenigen Stand des Barometers auf die Scale mn auf, welchen das zur Regulirung angewandte Barometer zeigt. Ist die barometrische Scale mn (am besten bei unveränderter Temperatur) eingetheilt, so stellt man beim künftigen Gebrauche den Normalpunkt der barometrischen Scale allezeit auf denjenigen Grad der thermometrischen Scale op, welchen das Hilfsthermometer zeigt, und liest dann den Barometerstand nach der Scale mn ab. Zweckmäßig ist die Zugabe eines Hygrometers, wie durch Adie geschehen ist, wenn nur nicht alle die auf solche Weise anzuwendenden hygroskopischen Substanzen mit der Zeit ihre hygrometrische Kraft verlören; daß er aber bei einigen dieser Instrumente noch eine Scale angebracht hat, welche die gemessenen Höhen für 0° C. unmittelbar angibt, macht den Apparat zu sehr zusammengesetzt. Soll der Apparat überhaupt das Barometer ersetzen, so ist es völlig genügend und bei weitem am besten, ihn in seiner einfachen Gestalt zu lassen, mit einem für sich bestehenden Psychrometer in Anwendung zu bringen.

Das Instrument ist sehr genau von Forbes geprüft, auch auf mehren Seereisen benutzt worden. Seine Vorzüge sind Leichtigkeit, Bequemlichkeit, der kleine Raum, den es einnimmt, seine geringere Zerbrechlichkeit in Vergleich mit dem Barometer und der Umstand, daß es auf dem Meere von den Schwankungen des Schiffes nicht afficirt wird. Mängel dagegen sind, daß es erst nach einem Barometer graduirt wird, daß die Temperatur einen sehr großen Einfluß auf dasselbe ausübt, und doch die Temperatur nicht im Gase selbst, sondern nur durch ein neben der Gasröhre hängendes Thermometer gemessen wird, daß das Mandelöl an den Wandungen der Röhre adhärirt, daß sich aus demselben Dämpfe entwickeln, welche sich mit dem Gase vermischen, und dadurch eine große Unzuverlässigkeit des Instrumentes hervorrufen, daß sich der Oelfaden leicht trennt u. endlich, daß das Sympiezometer noch höher im Preise steht, als verhältnißmäßig ein Baro=

meter. Die Anzeigen des Barometers erfolgen überdieß weit schneller als die des Sympiezometers, welches zur Herstellung des Gleichgewichts wenigstens 5 Minuten braucht, wo das Barometer nur eine Minute nöthig hat. Vortheilhaft, um stets eine gleichmäßige Temperatur der Sympiezometerröhre mit der Thermometerröhre zu erhalten, ist die von Forbes angegebene Einrichtung (Fig. 330.) wo die Meßröhre und das Thermometer in eine Glasröhre eingeschlossen sind, deren beide Enden durch messingene Kapseln verschlossen sind, und wobei die äußere atmosphärische Luft keinen andern Zugang hat, als neben der zum Ablesen der Höhe des Oelfadens dienenden Scale, die der veränderlichen Temperatur wegen von außen verschoben werden muß.

Syzygien (v. d. griech. συζυγία Verbindung) heißen diejenigen Stellungen der Planeten, namentlich aber des Mondes, in denen dieselben mit der Erde fast in gerader Linie sich befinden (Gegenschein und Zusammenkunft). Beim Monde sind die Syzygien folglich in der Mitte zwischen den beiden Quadraturen, d. h. zur Zeit des Neumondes und des Vollmondes. Vergl. d. Art. Mond.

T.

Tag, der astronomische oder bürgerliche, ist die Zeit Einer scheinbaren Umdrehung des Himmels; der natürliche die Zeit, während welcher die Sonne über dem Horizonte eines Ortes steht. Zum astronomischen Tage gehört ein natürlicher Tag und eine Nacht, derselbe umfaßt 24 gleiche Zeittheile: Stunden. Da die tägliche Umdrehung des Himmels nur eine Erscheinung der Umdrehung der Erde um ihre Axe ist, so folgt, daß sich die Erde binnen 24 Stunden einmal um ihre Axe dreht. Jeder Fixstern scheint genau während dieser Zeit einmal um die Erde herum zu gehen, so daß er nach Verlauf von 24 Stunden stets genau wieder dieselbe Stellung wie vorher einnimmt. Nur die Sonne macht eine Ausnahme, weil auf die scheinbare Bewegung dieser auch die jährliche Bewegung der Erde in ihrer Bahn von Einfluß ist. Diese Bewegung ist an den Fixsternen wegen der allzugroßen Entfernung derselben von der Erde nicht merklich. (Vergl. d. Art. Parallaxe). Die Tage der Sonne aber sind aus dem angeführten Grunde ungleich. (S. d. Art. Zeit). Die Astronomen pflegen die Stunden von dem Augenblicke an zu zählen, wo die Sonne durch den Meridian des Beobachtungsortes geht (culminirt), also von Mittag an, und zählen dann fort bis zum nächsten Mittag, 24 Stunden. Der bürgerliche Tag wird gewöhnlich von Mittag bis Mitternacht 12 Stunden und von da bis zum nächsten Mittag wieder 12 Stunden gezählt. In Italien wird jedoch von einem Untergange

der Sonne bis zum nächsten, bis 24 Stunden forgezählt. Um daher die italienischen Stundenangaben mit den unsern zu vergleichen, muß man die Zeit des Sonnenunterganges in den verschiedenen Jahreszeiten berücksichtigen. Der natürliche Tag, welcher von einem Sonnenaufgang bis zum nächsten Sonnenuntergang reicht, ist von sehr ungleicher Länge, sowohl an den verschiedenen Orten der Erde als an demselben Orte in den verschiedenen Jahreszeiten. Da seine Länge von der der Nacht auf das unmittelbarste abhängt, so vergl. in dieser Beziehung den Art. Nacht. Da sich jeder Stern des Himmels im Laufe eines Tages einmal um die Erde herumbewegt und dabei einen Parallelkreis (s. d. Art.) beschreibt, so werden die Parallelkreise auch Tagekreise genannt, und zwar heißt derjenige Bogen dieses Kreises, welcher über dem Horizonte liegt, der Tagebogen des Sternes. Diejenigen Sterne, deren Tagekreis mit dem Aequator zusammenfallen, haben einen Tagebogen von 180°, während für die Bewohner der nördlichen Halbkugel der Erde die Tagebogen der Sterne der nördlichen Himmelshemisphäre einen Tagebogen von mehr als 180°, und die der südlichen Himmelshemisphäre einen Tagebogen von weniger als 180° haben. Der Tagebogen derjenigen Gestirne, welche um weniger vom Pole abstehen als die Polhöhe beträgt, ist 360°, d. h. der ganze Tagekreis wird zum Tagebogen, und für Gestirne in der Nähe des Südpols ist für uns Bewohner der nördlichen Erdhälfte der Tagekreis = 0. Die Sterne um den Nordpol heißt dieses mit andern Worten, gehen für uns niemals unter, während die Sterne um den Südpol für uns niemals aufgehen.

Tantal ist ein schweres unedles Metall, welches zuerst Hatchet 1801 entdeckte und mit dem Namen Columbium bezeichnete. Nachher entdeckte es Eckenberg 1802 nochmals und gab ihm den Namen Tantalum, welchen es behielt, nachdem Wollaston 1809 die Identität des Columbiums mit dem Tantal nachgewiesen hatte. Das reine Metall stellte zuerst Berzelius 1824 dar. Das Tantal findet sich sehr selten als Oxyd in Verbindung mit Eisenoxydul, Yttererde, Manganoxydul u. s. w. als Tantalit und Yttertantalit. Berzelius gewann es durch Zerlegung des Fluortantalkaliums mit Kalium als ein schwarzes, schweres Pulver, welches unter dem Polirstahl stahlgrau wird, und fast keine Leitungsfähigkeit für Elektricität zeigt. Das als ein gelblicher Ueberzug im Kohlentiegel aus Tantalsäure durch starkes Glühen erhaltene zusammenhängende Tantal zeigte sich jedoch als guter Leiter der Elektricität. Das Metall ist bei gewöhnlicher Temperatur unveränderlich und verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu Tantalsäure. Unter den Säuren vermag nur die Flußsäure es zu oxydiren und aufzulösen. Eben so oxydirt es sich beim Schmelzen mit fixen Alkalien. Die beiden bekannten Oxydationsstufen sind die tantalichte Säure und die Tantalsäure. Jene ist eine dunkelgraue poröse Masse, welche Glas ritzt und in Wasser unlöslich ist; diese ein weißes geschmackloses Pulver von 6,5 specif. Gewicht und ebenfalls im Wasser unlöslich. Mit Wasser erhält man ein Hydrat, ein weißes, Lakmus röthendes Pulver; — mit einigen Säuren die Tan=

taloxydsalze, farblose, leicht zerlegbare, saure Verbindungen. Die Tantalsäure bildet mit Salzbasen die tantalsauren Salze. Chlortantal entsteht beim Erhitzen des Tantals in Chlor unter Feuerentwicklung als ein dunkelgelber Dampf, welcher erkaltet ein gelblich weißes Pulver gibt, das sich mit Wasser unter heftiger Erhitzung in Salzsäure und Tantalsäure zersetzt. Unter ähnlichen Verhältnissen (mit Schwefeldampf) erhält man auch Schwefeltantal. Es ist eine graue metallischglänzende, sich zart anfühlende, pulverige, graphitähnliche Masse, welche beim Zusammenpressen Elektricität leitet, im Wasser und in den meisten Säuren unlöslich ist, sich mit Aetzkali zusammenschmelzen läßt, aber in dieser Verbindung durch Wasser zerlegt wird, indem sich tantalsaures Kali löst und Schwefeltantal abgeschieden wird, das unter Luftzutritt schnell oxydirt.

Taucherglocke ist ein Instrument, dessen man sich bedient, um längere Zeit in der Tiefe des Wassers, namentlich des Meeres verharren zu können, welches allein möglich ist, wenn hinlänglich Luft zum Athmen vorhanden ist. Im Allgemeinen ist die Taucherglocke ein Gefäß, welches nur nach einer Seite offen ist, früher gewöhnlich von Glockenform (daher der Name), und welches mit der Oeffnung nach unten gekehrt in das Wasser hinabgelassen wird. Die Luft, welche in einem solchen Gefäße enthalten ist, wird zwar beim Herabsinken in die Tiefe dem Mariottischen Gesetze gemäß (s. d. Art. Gase S. 642. ff.) zusammengepreßt,*) aber kann vom Wasser abgeschlossen nicht entweichen und läßt das Wasser selbst in das Innere des Gefäßes nicht eindringen, so daß der Taucher, so lange er nur das Haupt unter der Glocke hat, Athem holen kann, so lange bis die Luft durch das Athmen (vergl. d. Art.) selbst allzusehr verdorben, d. h. ihr Sauerstoffgehalt aufgezehrt ist. Man hat aber Vorkehrungen getroffen die verdorbene Luft durch frische zu ersetzen. Von der Richtigkeit des Prinzipes, auf dem die Taucherglocke beruht, kann man sich leicht überzeugen, wenn man in ein Gefäß mit Wasser ein umgekehrtes Glas so eintaucht, daß alle Punkte des Randes zugleich das Wasser berühren. Es wird kein Wasser in das Glas zu dringen vermögen. Die Taucherglocke scheint schon in sehr frühen Zeiten bekannt gewesen zu sein. Ein solches Instrument, welches aus einem glockenförmigen Gefäße von 36 Zoll unterer Weite und eben so großer Höhe bestand, und an dem unten ein Fußschemel hing, auf welchem ein Mann stehen konnte, so daß Kopf und Arme desselben unter der Glocke sich befanden, wurde 1687 durch William Phipps mit Glück angewendet, um aus einer Tiefe von 6 bis 7 Klaf-

*) Ist die Glocke bis zu 32 Fuß unter die Oberfläche des Wassers gesunken, so ist die Dichte der Luft in ihr noch einmal so groß, als die Dichte der atmosphärischen Luft. Bei 64 Fuß ist sie dreimal so dicht, bei n Fuß $\frac{n}{32} + 1$ mal so groß.

tern die Schätze zu holen, welche an der Küste von Hispaniola mit einem spanischen Schiffe versunken waren. Man schätzte den auf diese Weise erlangten Gewinn auf 300000 Pfund Sterling. Edmund Halley verfertigte eine Glocke von 8 Fuß Höhe, 5 Fuß Weite am untern und 3 Fuß am obern Ende, welche einen Raum von 63 Cubikfuß einnahm, mit Blei überzogen und so schwer war, daß sie schon leer zu Boden sank. Am untern Rande waren Gewichte so vertheilt, daß sie dadurch stets horizontal erhalten wurde. Oben war ein starkes Glas eingesetzt, um dadurch Licht zu erhalten. Die ganze Vorrichtung hing an einem Querbalken am Mastbaume des Schiffes. Der Taucher erhielt durch hinabgelassene und mit frischer Luft gefüllte Schläuche respirable Luft, indem er selbige durch lederne in Oel getränkte Röhren in die Glocke leiten, und die in selbiger verdorbene Luft mittels eines Hahnes herauslassen konnte. Hierdurch brachte es Halley so weit, daß er sich auf der Themse zu London nebst 4 Personen 9 bis 10 Klaftern tief unter Wasser $1\frac{1}{2}$ Stunde aufhalten konnte. Durch die Menge der eingelassenen Luft machte er den Grund so trocken, daß er nicht bis über die Schuhe in Schlamm oder Sand trat. Durch die Glasscheibe fiel so viel Licht in die Glocke, daß er bei stiller See lesen und schreiben konnte; mit einem eisernen Griffel schrieb er seine Befehle auf Blei, und sandte sie mit den leer gewordenen Luftschläuchen hinauf. Bei stürmischer See hingegen war es unten ganz finster, und er mußte ein Licht brennen, welches aber fast eben so viel Luft, als ein Mensch, verzehrte. Die einzige Beschwerde, die er empfand, war ein Schmerz in den Ohren, welcher von der Verdichtung der Luft beim Hinablassen der Glocke entstand, aber bald nachließ, wenn die Glocke nur sehr langsam hinab sank. Um einen Taucher aus der Glocke auf den Meeresgrund verschicken zu können, erfand Halley eine bleierne Kappe, welche für ein Paar Minuten Luft faßte, über den Kopf gedeckt wurde, und durch ein dichtes biegsames Rohr mit der Glocke verbunden war. — Da Halley's Vorrichtung viel Kostenaufwand erforderte, so gab der Schwede Martin Triewald eine wohlfeilere an. Die Glocke derselben war viel kleiner, von Kupfer, und inwendig verzinnt. Der untere Schemel war so niedrig angebracht, daß der Kopf des Tauchers gerade nur über der Wasserfläche hervorragte, und noch viel Luft über sich hatte. Auf solche Art athmete er beständig die in der Glocke enthaltene gesundeste Luft ein, indem die verdorbene in den obern Raum aufstieg. Damit er sich aber auch in dem obern Raume aufhalten konnte, ging an der Seite der Glocke eine rund umher gewundene kupferne Röhre in den untern Theil, woraus die untere gesundere Luft durch einen ledernen Aufsatz mit einem Mundstücke von Elfenbein eingesogen werden konnte.

In neuerer Zeit hat man sich der Taucherglocken namentlich in England beim Hafenbau bedient, ihnen aber eine länglicht vierkantige Form gegeben. Muncke gibt folgende Beschreibung derselben. Sie werden aus Gußeisen von mehrzölliger, des statischen Gleichgewichts wegen, hauptsächlich unten sehr starker Metalldicke verfertigt, sind unten an der Oeffnung 8 bis 12 Fuß lang, 6 Fuß und darüber breit und eben so

hoch. Im Innern befindet sich eine Bank, damit die Arbeiter sich darauf setzen und ihre Werkzeuge nebst den Gegenständen, die sie bei den Arbeiten unter dem Wasser bedürfen, darauf legen können, auch haben sie zuweilen eine eigene Abtheilung für einen Aufseher; oben auf dem Deckel befindet sich an beiden Seiten ein starker metallener Halter, um die Haken der Ketten hineinzuhängen, welche zur Erhaltung des Gleichgewichts in eine einzige starke Kette zusammengehen u. zum Tragen des schweren Apparats dienen. In der Mitte befindet sich eine Oeffnung mit einem eingeschrobenen biegsamen Schlauche, durch welchen auf dem Lande mittels einer starken Compressionspumpe sogleich, nachdem man angefangen hat, die Taucherglocke im Wasser herabzulassen, unausgesetzt frische Luft hineingepreßt wird, und zwar in solcher Menge, daß die Blasen unter dem Rande des überfüllten Apparats stets entweichen. Hierdurch begegnet man nicht bloß dem Verderben der eingeschlossenen Luft, sondern auch dem Eindringen des Wassers in den innern Raum, wenn die abgesperrte Luft durch den starken Druck der umgebenden Wassersäulen comprimirt wird, und wenn dann die Taucherglocke auf eine horizontale Ebene niedersinkt, so ist der Boden nicht mit einer Wasserschicht von meßbarer Tiefe bedeckt. An beiden Seiten des eingeschrobenen Schlauches sind runde Oeffnungen mit luftdicht eingesetzten hinlänglich starken Gläsern, um Licht in den Apparat zu bringen. Größerer Stärke wegen nimmt man meistens convexe Linsen; allein es bedarf bei ihnen keiner so großen Stärke, da die von Außen auf sie drückende Wassersäule den Druck der comprimirten Luft im Innern aufwägt, bis auf denjenigen Theil, welcher einer Wassersäule von der Höhe der Taucherglocke zugehört, denn um soviel ist der Druck gegen die eingeschlossene Luft größer. Endlich halten die Arbeiter noch ein unter dem untern Rande hingehendes, nach oben geführtes Seil, um damit die erforderlichen Zeichen zu geben.

Die Verdichtung der Luft unter den Taucherglocken macht sich besonders gegen die Ohren empfindlich. Es entsteht vor den Ohren ein Brausen, welches sich bis zum empfindlichsten Schmerze steigern kann.

Tellur, ein von **Reichenstein** 1782 und genauer von **Klaproth** 1798 erforschter chemisch einfacher Stoff, der allgemein für ein Metall gehalten wird, durch sein chemisches Verhalten aber dem Schwefel und Selen sich anschließt. Im Mineralreich kommt er als **gediegener Tellur**, **Schrifttellur**, **Tellurblei** u. s. w. nicht häufig vor. Das Tellur ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, weißgrau metallglänzend, von 6,115 specif. Gewicht, blätterigem Gefühl und in Rhomboedern krystallisirt. Dabei ist es spröde, läßt sich leicht pulverisiren, ist ziemlich leicht schmelzbar und flüchtig, ein schwacher Leiter der Elektricität und verbrennt an der Luft erhitzt mit lebhaft blauer und grüner Farbe unter Verbreitung eines Rettiggeruchs zu **Telluroxyd**. Auch durch Salpetersäure und Königswasser wird es oxydirt. Das Oxyd ist ein weißes Pulver, welches leicht schmilzt und beim Erkalten eine strohgelbe krystallinische Masse gibt. In der Hitze ist es flüchtig und verbreitet einen säuerlichen Geruch. Mit Säuren bildet dasselbe die Tel-

lurorydsalze, farblose Verbindungen, welche durch Alkalien weiß, durch Hydrothionsäure schwarz, durch Gallstinktur isabellgelb gefärbt werden. Mehre Metalle (Zink, Zinn, Antimon u. s. w.) fällen daraus Tellur. Das Telluroxyd verhält sich gegen Basen als Säure und bildet tellursaure Salze. — Mit Wasserstoff bildet das Tellur Tellurwasserstoff oder Hydrotellursäure ein farbloses, der Hydrothionsäure sehr ähnliches Gas, welches Metalle aus ihren Verbindungen als Tellurmetalle von brauner Farbe niederschlägt. Die Lösung in Wasser färbt sich an der Luft schnell dunkel und setzt Tellur ab. Mit Alkalien gibt es hydrotellursaure Salze. — Nimmt man Tellur zum Leiter bei der galvanischen Säule, so setzt sich am negativen Pole ein braunes Pulver ab, welches für Wasserstofftellur gehalten wurde, nach Magnus aber nur fein zertheilter Tellur ist.

Thau heißt der bekannte atmosphärische Niederschlag, welcher sich namentlich im Sommer an der Oberfläche des Bodens, vorzüglich an Pflanzen während der Nacht in Gestalt von Tropfen zeigt. Alle Erscheinungen des Thaus sind zuerst von Wells vollständig erklärt worden. Bei ruhigen und heiteren Nächten erkälten sich die atmosphärische Luft und alle auf der Erdoberfläche zerstreuten Körper durch ihre Ausstrahlung gegen den Himmel; diese Abkühlung ist aber ungleich, weil sie von dem Wärmeausstrahlungsvermögen der verschiedenen Körper, von ihrem Wärmeleitungsvermögen und ihrem Verhältniß zu benachbarten Gegenständen abhängt. Unter den günstigsten Umständen kann die Temperatur eines Körpers bis zu 8° oder 10° unter die Temperatur der Luft sinken. Wells hat dieß durch eine große Anzahl von Versuchen nachgewiesen. Ein Beobachter, der in einer schönen Sommernacht eine Ebene durchwanderte, um mit einem sehr empfindlichen Thermometer die Temperatur des Bodens und der verschiedenen ihn bedeckenden Gegenstände zu beobachten, würde unfehlbar sehr große Differenzen in diesen Temperaturen finden. Wären die unteren Schichten der Luft z. B. 12°, so würde man an einigen Orten den Boden oder den Rasen nur 2 oder 3°, andere Körper 5 oder 6°, andere 8 oder 10° und viele von einer höheren Temperatur als die Luft finden. Ist nun die Luft mit Wasserdampfe geschwängert, so wird dieser an denjenigen Gegenständen, welche eine geringere Temperatur besitzen, als die der Luft, in Gestalt von Wassertropfen sich niederschlagen,*) und zwar um so stärker, je größer jene Temperaturdifferenz ist. Um die Erscheinungen des Thaus im Einzelnen erklären zu können, genügt es, alle diejenigen Umstände aufzusuchen, welche die Erkältung der Körper und die nächtliche Ausstrahlung modificiren können. Um den Einfluß der Lage auf die nächtliche Abkühlung kennen zu lernen, nehmen wir an, daß wir mitten in einer weiten Ebene eine Art Zelt aus leichten Wänden oder Rahmen, jede eine Toise im Geviert haltend, errichtet hätten; diese Wände können z. B. mit Leinwand oder auch mit Papier überzogen sein, und vier

*) Vergl. d. Art. Dampf und Hygrometer.

vertical gestellt sein, während der fünfte in horizontaler Lage als Decke dient. Ein in die Mitte des Zeltes auf den Boden gestellter Körper wird nach allen Seiten Wärme ausstrahlen; aber diese Wärmestrahlen werden von den Wänden aufgefangen und auf den Körper zurück geworfen. Er wird daher nur sehr langsam erkalten. Nimmt man den obern Verschlag hinweg, so wird der Körper die Aussicht nach dem Zenith haben: er wird gegen den Himmel ausstrahlen, und seine Abkühlung wird viel schneller erfolgen. Nimmt man noch eine der Seitenwände hinweg, so sieht der Körper noch einen großen Theil des Himmels mehr, und seine Abkühlung erfolgt noch schneller; je mehr man ihn entblößt, desto schneller wird er auch erkalten. Mauern, Gebäude, Bäume, Hügel haben nun auf die nächtliche Ausstrahlung einen ähnlichen Einfluß wie in dem eben angeführten Falle die Verschläge. Man muß also die Lage eines Körpers gegen seine Umgebungen berücksichtigen, wenn man im Voraus beurtheilen will, ob derselbe mehr oder weniger erkalten wird, als wenn er sich in irgend einer andern Lage befände. Aber auch die natürliche Beschaffenheit der Körper ist von Einfluß. Die Oberflächen, welche ein großes Ausstrahlungsvermögen haben, erkalten bei weitem rascher als andere; auch die Dichte der Körper, ihr Leitungsvermögen und die Neigung ihrer Oberflächen sind Umstände, welche die Schnelligkeit der Abkühlung modificiren. Die Bewegung der Luft ist stets ein Hinderniß der Thaubildung, weil die Luft, wenn sie sich rasch an den Gegenständen der Erdoberfläche erneuert, diesen einen Theil der durch die Ausstrahlung verlorenen Wärme zurück gibt. Daher ist auch bei einem heftigen Winde die Temperatur aller Körper merklich dieselbe, wie die Temperatur der Luft. Bei bedecktem Himmel wirkt das Gewölk ähnlich wie in dem oben angeführten Beispiele der Verschlag, es hindert die freie Ausstrahlung der Körper nach dem Himmel. Man hat längst schon bemerkt, daß bedeckte Nächte stets minder kalt als heitere sind. Wilson fand, daß ein Thermometer, welches während einer abwechselnd heitern und wolkigen Nacht der freien Luft ausgesetzt ist, sich stets erhebt, wenn die Luft sich verdunkelt, und fällt, wenn die Wolken sich zerstreuen. Nebel haben einen noch viel merklichern Einfluß, als die Wolken, weil die ausstrahlende Wärme, welche bei gewöhnlicher Temperatur von den Körpern ausgeht, eine nicht völlig durchsichtige Luft nicht zu durchdringen vermag.

Nach der angegebenen Erklärung der Thaubildung ist es die atmosphärische Luft, aus welcher der Thau niederfällt. Gegen dieselbe haben namentlich Gersten und Dufay behauptet, der Thau steige vielmehr in die Höhe. Hierfür scheint auf den ersten Anblick folgende Beobachtung zu sprechen. Setzt man eine Glasglocke auf den Boden, so bethauet dieselbe an ihrer inneren Wandung oft so stark, daß das Wasser in Tropfen herabläuft. Die Ursache der Erscheinung ist aber die, daß die Glocke durch Strahlung sehr schnell erkaltet, und daher den fortwährend vom Boden aufsteigenden Wasserdampf bei der Berührung sogleich condensirt. Der Boden selbst kann nach dem Vorhergehenden um so weniger erkalten, da die Glocke seine Ausstrahlung verhindert.

Zur Messung der Menge des Thaues bedient man sich der Thau=

messer oder Drosometer (v. d. griech. δρόσος Thau). Sie bestehen im Allgemeinen in einer empfindlichen Wage, an der zwei Körper im Gleichgewicht gebracht sind, von denen der eine den Thau vorzüglich gut annimmt, während der andere unempfänglich für den Thau ist. Nach dem Fallen des Thaues hat der erste ein größeres oder kleineres Uebergewicht, und bewirkt mithin einen Ausschlag an der Wage. Gewöhnlich hat man zu dem ersten Körper Platten von einer bestimmten Größe aus einem für den Thau leicht empfänglichen Körper genommen. Wells nahm bei seinen Beobachtungen 10 Gran schwere möglichst gleiche etwa 2 Zoll im Durchmesser haltende sphäroidische Massen gezupfter Wolle, und bestimmte deren Gewichtszunahme. Lambert empfahl wohlausgewaschene lockige Haare der Luft auszusetzen, und ihre Gewichtszunahme durch den Thau zu bestimmen. Man kann sich des Drosometers gewissermaßen als Wetteranzeigers bedienen, indem ein reichlicher Thauniederschlag anzeigt, daß die Atmosphäre mit Wasserdunst erfüllt ist, und treten die geeigneten Umstände ein (s. d. Art. Regen), so wird gewiß Regen erfolgen. Die Atmosphäre ist zum Regen disponirt. Die wichtigsten Umstände bei der Bildung des Thaues, welche sich sämmtlich aus der angegebenen Theorie erklären, hat Kämtz zusammengestellt. Der Thau zeigt sich in größerer Menge nur in heiteren windstillen Nächten. Diese Behauptung hat schon Aristoteles aufgestellt; dagegen glaubte Muschenbroek, daß sich in Holland der Thau vorzüglich dann bilde, wenn ein niedriger Nebel den Boden bedecke, jedoch der Zusatz, daß alle Körper ohne Unterschied befeuchtet werden, zeigt, daß die hier entstandenen Tropfen vom Nebel herrühren. Allen Erfahrungen von Wells zuwider behauptet Prieur, daß stets ein frischer Wind ein Erforderniß der Thaubildung sei; nur zuweilen scheint ein schwacher Luftzug die Bildung des Thaues zu begünstigen. Wenn der Himmel bewölkt ist und kein Wind weht, oder der Himmel beim Winde heiter ist, dann zeigen sich nur einige Spuren von Thau, nie aber bei trüben und windigem Wetter. Selbst wenn sich bei heiterem Himmel schon Thau niedergeschlagen hatte, so verschwindet dieser in kurzer Zeit, wenn windiges, trübes Wetter folgt, was auch bereits Wilson beim Reif beobachtet hatte. Wenn dagegen heiteres, windstilles Wetter dem trüben folgt, dann schlägt sich der Thau ungewöhnlich reichlich nieder. — Der Thau schlägt sich vorzugsweise an freistehenden Körpern nieder; legen wir zwei völlig gleiche Körper auf den Boden, spannen aber in der Entfernung von mehren Fußen über den einen einen Schirm, etwa ein viereckiges Stück Leinewand von mehren Quadratfuß Oberfläche, so schlägt sich auf letzterem entweder gar kein oder nur wenig Thau nieder. Ein Flocken Wolle unter ein dachförmig gebogenes Stück Pappe gelegt, nahm nur zwei Gran Thau auf, während ein anderes frei gegen den Himmel gerichtetes 16 Gran erhielt. Ein anderer Flocken Wolle, in einem oben offenen thönernen Cylinder von 1 Fuß Durchmesser und $2\frac{1}{2}$ Fuß Höhe gelegt, zeigte dasselbe Verhältniß, ein Beweiß, daß die Pappe im ersten Falle nicht den Thau aufgefangen hatte. Auf den Straßen der Städte, wo die Häuser stets einen Theil des Himmels verdecken, fällt daher

weit weniger Thau als im Freien. — Unter fast gleichen Umständen schlägt sich der Thau auf allen Körpern nicht in gleicher Menge nieder. Auf Pflanzen ist er weit reichlicher, als auf dem festen Erdboden; lockerer Kiesboden wird feuchter, als festgetretenes Erdreich; Glas wird weit leichter befeuchtet, als die Metalle, wie dieses bereits Muschenbroek bemerkt und Dufay bestätigt hatte. Es geschieht wohl, daß absichtlich befeuchtete Metalle in Lagen trocken werden, wo andere Körper Thau aufnehmen. Diese Trägheit der Metalle, Thau nieder zu schlagen, wird sogar andern Körpern mitgetheilt, wenn diese auf jene gelegt werden; ein Stück Wolle auf einem Metallspiegel liegend, wird weit weniger feucht, als auf einem Stück Glas. Wenn aber die Stelle des Metalls auf dem Boden, besonders auf Rasen, öfters gewechselt wird, so schlägt sich der Thau leichter nieder. Dieser Widerstand, welchen die Metalle dem Niederschlage entgegen zu setzen scheinen, ist nicht bei allen gleich groß: so werden Platina, Eisen, Stahl, Zink weit früher bethaut, als Gold, Silber, Kupfer und Zinn. Man könnte allerdings auf den ersten Anblick vermuthen, daß die Metalle eine ungleiche chemische Anziehung zum Wasserdampfe hätten, wie dieses früher le Roy und Saussure geglaubt hatten; aber Wells überzeugte sich durch direkte Versuche mit Metallplatten, welche er dem Wasserdampfe aussetzte, daß dieses nicht der Fall sei. Es geht dieses auch daraus hervor, daß selbst der mechanische Zustand der Körper hierbei eine bedeutende Rolle spielt. So werden Holzspäne weit leichter feucht, als ein festes Stück Holz. — Aeltere Physiker glaubten, daß der Thau sich vorzüglich am Abend und am Morgen bilde; die Versuche von Wells zeigen, daß dieses nicht richtig sei. Zu welcher Stunde der Nacht auch ein Körper ins Freie gebracht werden möge, stets schlägt sich auf ihm Thau nieder, ja es scheint, als ob die Größe des Niederschlags nach Mitternacht noch größer sei, als vor dieser Zeit. An beschatteten Orten scheint er sich schon am Nachmittage zu bilden, wenn die Wärme der Luft anfängt zu sinken; wenigstens fand Wells, daß das Gras schon einige Stunden vor dem Untergange der Sonne feucht war, obgleich noch keine Tropfen auf demselben zu bemerken waren. — Nicht allenthalben auf der Erde bildet sich der Thau in gleicher Menge. Am häufigsten findet man ihn in den Küstengegenden warmer Klimate. In Arabien (offenbar Küste) ist der Thau so reichlich, daß die Kleider der Reisenden davon durchnäßt werden; eben so fällt in Suakim am rothen Meere in jeder Nacht viel Thau; bei Tor am Golf von Suez ist der lehmige Boden vom gefallenen Thau in den Morgenstunden ganz schlüpfrig, und in Alexandrien werden die Kleider u. Terrassen so naß, als ob es geregnet hätte. Eben so häufig ist derselbe am persischen Meerbusen, in Chili, und die Schiffer erkennen die Annäherung an die Küste Coromandel dadurch, daß sich Thau niederschlägt. Dagegen fehlt der Thau fast gänzlich auf wasserlosen Ebenen im Innern der Continente, so in Brasilien in den Provinzen Bahia, Goyaz, Pernambuco und Ceara; von den Bergen Gilans und Mazanderans bis zum persischen Meerbusen und von den Gegenden an den Alpenseen Van und Urmia bis Kaschmir zeigt sich im Sommer keine Spur

von Thau; auf dem Wege von Aleppo nach Orfah fand **Buckingham** Ende Mai und Anfang Junius keinen Thau. Eben dieß gilt von der Wüste Nubiens und der Sahara; so wie man aber die Nähe des Sees Tschad erreicht, so werden die Kleider ganz durchnäßt. Eben solchen Einfluß von Binnenwassern erkennt man auch in andern Gegenden, so thaut es selbst in Persien in der Nähe feuchter Niederungen sehr schwach, eben so in den Ebenen westlich vom Euphrat am Flusse selbst, in Aegypten am Nile. In den westlichen Gegenden Pennsylvaniens thaut es in der Nähe der Seen sehr heftig und stark. Dagegen zeigt sich der Thau auf den niedrigen Korallen-Inseln der Südsee selten oder gar nicht, und auch Schiffe auf dem Oceane werden nur selten feucht.

Theilbarkeit ist die allgemeine Eigenschaft der Körper, nach welcher jeder derselben, von welcher Größe und natürlichen Beschaffenheit er auch sein mag, in Theile zerlegt zu werden vermag, die sich voneinander und von dem Ganzen nur in Bezug auf Größe unterscheiden. In letzter Beziehung unterscheidet sich die (mechanische) Theilbarkeit von der (chemischen) Zerlegbarkeit, nach welcher letzteren die zusammengesetzten Stoffe in Theile geschieden werden können, welche sowohl unter sich als vom Ganzen ihrer Natur nach unterschieden sind. Die Theilbarkeit ist eine **allgemeine** Eigenschaft der Körper, weil alles Körperliche materiell, alles Materielle räumlich, der Raum aber ins unendliche zertheilt gedacht werden kann. In der Anwendung findet die Theilbarkeit eine Begrenzung an der Begrenztheit der Sinne des Menschen, welche das Allzukleine nicht mehr wahrzunehmen vermögen. Als Beispiele außerordentlich kleiner Zertheilung führt man die starkriechenden Körper an, welche durch feine Theilchen die Nase afficiren, die dehnbaren Metalle, die leuchtenden und färbenden Stoffe. Aus einem Gran Gold schlagen die Goldarbeiter Blättchen von 36 Quadratzoll Oberfläche; die Drahtzieher vergolden eine silberne Stange von 22 Zoll Länge und $1\frac{1}{4}$ Linie Dicke mit einer Unze Goldes und ziehen sie dann zu einem Drahte aus, der 97 französische Meilen lang ist; wird er noch dazu platt gedrückt, so erlangt er gar eine Länge von 110 Meilen, und ist doch allenthalben übergoldet, aber mit Blättchen, deren Dicke so gering ist, daß nach **Black's** Berechnung 14 Millionen erst die Dicke eines Zolls geben, während eben so viele Blätter gemeinen Druckpapiers $\frac{3}{4}$ englische Meilen einnehmen. Platin läßt sich durch ein eigenes von **Wollaston** angegebenes Verfahren zu Draht von $\frac{1}{30000}$ Zoll Dicke ausziehen. Ein kleines Stück Moschus erfüllt ein großes Zimmer mit seinem Geruche, ohne daß die verflüchtigten Theile durchs Gewicht erkannt werden können. Man nimmt an, daß ein Gran 320 Quadrillionen Theile gebe, deren jeder den Geruchssinn zu afficiren vermag. Mit Phosphor kann man eine Menge leuchtender Buchstaben an eine Wand schreiben, ohne ihn merklich abzureiben. Ein Gran Carmin färbt 20 Pfund Wasser merklich roth und jedes als roth bemerkbare Theilchen hat nur die Größe $\frac{1}{30000000}$ Zoll. **Löwenhoek** zählte in einem Tropfen Stockfischmilch von der Größe eines Sandkorns 2 Millionen Thierchen. Man kennt mikroskopische Thiere, deren Bau so zu-

sammengesetzt ist, wie der des Elephanten. Als Beispiel könnten noch die homöopatischen Verdünnungen der Arzneistoffe angeführt werden, welche z. B. bis auf Decilliontheilchen eines Grans gehen. Der Theilbarkeit der Materie steht die Lehre von den Atomen und Molécules (s. d. Art.) nur scheinbar entgegen, insofern man zu den letzten untheilbaren Theilen der Materie durch keine mechanische Theilung soll gelangen können. Diese letzten Theile sind wahrhaft unendlich klein, also die Theilbarkeit in Wahrheit unendlich.

Thermometer (v. d. griech. θερμός warm und μέτρον Maß), **Wärmemaß** ist ein Instrument, welches zur vergleichenden Messung der fühlbaren (freien) Wärme der Körper dient. Die Wärme dehnt nämlich alle Körper aus und kennt man daher die Gesetze, nach denen diese Ausdehnung erfolgt, so kann man aus der Ausdehnung, die ein Körper durch die Wärme erlitten hat, auf die Größe der Wärme selbst schließen. Im Allgemeinen weiß man aus Beobachtungen, daß die Ausdehnung der Wärme proportional sei und man könnte sich daher, wenn der Satz streng richtig wäre, sowohl für die höchsten Wärmegrade, als auch für die niedrigsten, jedes beliebigen Körpers als eines Thermometers bedienen. Da jedoch einige Körper stärker, als andere (wenn auch beide in demselben Verhältnisse bei zunehmender Wärme) durch die Wärme ausgedehnt werden (vergl. d. Art. **Ausdehnung**), so liegt es nahe zur Herstellung von Thermometern sich solcher Körper zu bedienen, welche von der Wärme besonders stark ausgedehnt werden, denn an einem solchen Körper wird man schon eine geringe Wärmeveränderung bemerken, welche an der Ausdehnung eines minder empfindlichen Körpers sich nicht wahrnehmen läßt. Ferner werden sich aber auch vorzugsweise nur solche Stoffe zu Thermometern empfehlen, welche durch die Wärme, auch nicht durch die höchsten und niedrigsten Grade, keine die genaue Messung unmöglich machende Veränderung erleiden. Weder organische Stoffe werden sich daher eignen, denn diese vertrocknen in der Wärme, krümmen sich und schrumpfen zusammen, noch Stoffe wie Wasser, denn dieses verwandelt sich bei hoher Temperatur in Dampf, bei niedriger in Eis. Hiernach würden sich zu Thermometern am Ende allein nur die permanenten Gasarten eignen, denn diese haben bekanntlich die Eigenthümlichkeit, daß sie in keiner uns bekannten Temperatur in tropfbarflüssigen oder festen Zustand übergehen. Die ältesten Wärmemesser sind auch in der That **Luftthermometer**. Man hat jedoch für gewöhnlich auf den Umstand verzichtet, einen absoluten, seinem Hauptbestandtheile nach in jeder Temperatur unveränderlichen Thermometer zu besitzen und sich zu Herstellung für gewöhnliche derartige Instrumente des in vieler Beziehung sich empfehlenden **Quecksilbers** bedient. Auch mit **Weingeist** und anderen Flüssigkeiten sind Thermometer hergestellt worden. Während nähmlich die Ausdehnungen, welche feste Körper durch die Wärme erleiden, im Allgemeinen zu unbedeutend sind, als daß sich ein fester Körper zum Thermometer empföhle, sind die Ausdehnungen luftförmiger Körper durch die Wärme allzubedeutend. Zwischen gasförmigen u.

festen Körpern liegen auch in Bezug auf Ausdehnung durch die Wärme die tropfbarflüssigen Körper mitten inne.

Das Quecksilber hat folgende empfehlende Eigenschaften: Es hält unter allen tropfbaren Flüssigkeiten mit Ausnahme einiger Oele, die höchsten Wärmegrade aus, ehe es sich in Dampf umwandelt; es hält eben so unter allen tropfbaren Flüssigkeiten mit Ausnahme einiger spirituösen Flüssigkeiten die niedrigsten Wärmegrade (Kältegrade) aus, ehe es zu einem festen Körper erstarrt (gefriert); seine Ausdehnung ist innerhalb derjenigen Temperaturen, welche am häufigsten in Betracht kommen, der Wärmeveränderung genau proportional und regelmäßig; es ist gegen die Veränderungen der Wärme empfindlicher als jede andere Flüssigkeit, ohne daß es seine Empfindlichkeit mit der Zeit verliert oder ändert.

Das Quecksilberthermometer besteht aus einer gläsernen, engen, wohlcalibrirten Röhre, an deren einem Ende ein ihrer Weite angemessenes, meistens kugelförmiges (zuweilen auch cylinderförmiges) Gefäß angeblasen ist. Das Instrument ist zum Theil mit reinem Quecksilber gefüllt, dessen Ausdehnung, nach welcher es höher oder niedriger in der Röhre steht, an einer Scale gemessen wird, welche an die Röhre befestigt ist. Die Glasröhre ist oben entweder offen oder verschlossen. Man verschließt sie nur, um das Instrument leichter transportiren zu können, ohne ein Auslaufen des Quecksilbers befürchten zu dürfen, und damit sich das Quecksilber nicht verunreinigt. Soll aber die Röhre verschlossen werden, so muß vorher alle Luft sorgfältig aus ihr ausgetrieben werden, weil sonst die Luft die Ausdehnung des Quecksilbers hindern, ja ein Zerbrechen der Röhre bewirken würde. Die Scale wird so hergestellt, daß man erstens denjenigen Punkt bemerkt, bei welchem das Quecksilber in der Röhre stehen bleibt, wenn man sie einige Zeit in thauendes Eis gesenkt hat, und zweitens denjenigen Punkt angibt, bei welchem das Quecksilber stehen bleibt, nachdem man das Instrument einige Zeit in reines siedendes Wasser getaucht hat. Beide Punkte haben zwischen sich den Fundamentalabstand des Thermometers, und der erste heißt der Eispunkt, Gefrierpunkt, Thaupunkt, Nullpunkt, (wenn man von ihm ab die Grade der Scale zählt), der zweite der Siedepunkt des Thermometers. Der Fundamentalabstand wird nach Réaumur in 80, nach Celsius in 100, nach Fahrenheit in 180 Theile oder Grade eingetheilt. Bei der Réaumurschen Scale bezeichnet man den Eispunkt mit 0, wonach der Siedepunkt die Zahl 80 erhält; bei der Celsiusschen Scale wird der Eispunkt gleichfalls mit 0, der Siedepunkt folglich mit 100 bezeichnet; bei der Fahrenheitschen Scale endlich wird der Eispunkt mit 32, der Siedepunkt also mit $180 + 32 = 212$ bezeichnet. Die Eintheilung der Scale wird auch noch unterhalb des Eispunktes fortgesetzt und die Grade unter 0 werden wieder von 1 ab fortgezählt, aber durch das Minuszeichen (—) ausgezeichnet, wogegen die Grade über 0 das Pluszeichen (+) erhalten, und man spricht in dieser Beziehung von negativen oder Kältegraden. Nach der Fahrenheitschen Theilung liegen noch 32 posit. Grade unter dem Eispunkte. Die verschiedenen Thermometerangaben bezeichnet man mit den Buchstaben R (Réaumur),

C (Celsius), und F (Fahrenheit), um anzuzeigen, nach welcher Scale sie genommen sind. Es stimmen hiernach überein

0° R, 0° C und 32° F; ebenso 80° R, 100° C und 212° F und man kann die Angaben nach der einen Scale leicht in Angaben nach einer andern verwandeln, nach folgenden einfachen Formeln, in denen R, C, F irgend eine Angabe nach Réaumur, Celsius oder Fahrenheit bedeuten:

$R = \frac{80}{100} C = \frac{4}{5} C$, $R = \frac{80}{180}(F - 32) = \frac{4}{9}(F - 32)$,
$C = \frac{100}{80} R = \frac{5}{4} R$, $C = \frac{100}{180}(F - 32) = \frac{5}{9}(F - 32)$,
$F = \frac{180}{80} R + 32 = \frac{9}{4} R + 32$, $F = \frac{180}{100} C + 32 = \frac{9}{5} C + 32$.

Außer den angegebenen ist in Rußland auch noch zuweilen die Delislesche Eintheilung in Gebrauch, bei welcher der Siedepunkt mit 0, der Eispunkt mit 150 bezeichnet ist, so daß der Fundamentalabstand von oben nach unten in 150 Grade getheilt ist. Bezeichnet man mit J die Angaben nach der Delisleschen Scale, so hat man die Formeln: $J = 150 - \frac{15}{8} R$, $J = \frac{80}{180} - \frac{3}{2} C$, $J = 176{,}66 - \frac{5}{6} F$. Nach La Lande soll man 0 bei 9°,5 R. und 132,8 bei 80° R. setzen.*) Zur leichtern Reduction der gebräuchlichen Thermometerangaben, sind folgende Tabellen nach den angegebenen Formeln berechnet worden.

$\frac{5}{4} R = C.$ $\frac{9}{4} R + 32 = F.$

Réaum. Grade R	machen Celsische C	machen Fahrenheitsche F	Réaum. Grade R	machen Celsische C	machen Fahrenheitsche F
0°	0°	32°	20	25,00	77,00
1	1,25	34,25	21	26,25	79,25
2	2,50	36,50	22	27,50	81,50
3	3,75	38,75	23	28,75	83,75
4	5,00	41,00	24	30,00	86,00
5	6,25	43,25	25	31,25	88,25
6	7,50	45,50	26	32,50	90,50
7	8,75	47,75	27	33,75	92,75
8	10,00	50,00	28	35,00	95,00
9	11,25	52,25	29	36,25	97,25
10	12,50	54,50	30	37,50	99,50
11	13,75	56,75	31	38,75	101,75
12	15,00	59,00	32	40,00	104,00
13	16,25	61,25	33	41,25	106,25
14	17,50	63,50	34	42,50	108,50
15	18,75	65,75	35	43,75	110,75
16	20,00	68,00	36	45,00	113,00
17	21,25	70,25	37	46,25	115,25
18	22,50	72,50	38	47,50	117,50
19	23,75	74,75	39	48,75	119,75

*) Ueber die Gründe, welche zur Wahl dieser verschiedenen Scalen Veranlassung gegeben, s. d. Folg.

Réaum. Grade R	machen		Réaum. Grade R	machen	
	Celsische C	Fahrenheitsche F		Celsische C	Fahrenheitsche F
40°	50,00	122,00	61	76,25	169,25
41	51,25	124,25	62	77,50	171,50
42	52,50	126,50	63	78,75	173,75
43	53,75	128,75	64	80,00	176,00
44	55,00	131,00	65	81,25	178,25
45	56,25	133,25	66	82,50	180,50
46	57,50	135,50	67	83,75	182,75
47	58,75	137,75	68	85,00	185,00
48	60,00	140,00	69	86,25	187,25
49	61,25	142,25	70	87,50	189,50
50	62,50	144,50	71	88,75	191,75
51	63,75	146,75	72	90,00	194,00
52	65,00	149,00	73	91,25	196,25
53	66,25	151,25	74	92,50	198,50
54	67,50	153,50	75	93,75	200,75
55	68,75	155,75	76	95,00	203,00
56	70,00	158,00	77	96,25	205,25
57	71,25	160,25	78	97,50	207,50
58	72,50	162,50	79	98,75	209,75
59	73,75	164,75	80	100,00	212,00
60	75,00	167,00			

$\frac{4}{5}$ C = R $\frac{9}{5}$ C + 32 = F

Celsische Grade C	machen		Celsische Grade C	machen	
	Réaum. R	Fahrenheitsche F		Réaum. R	Fahrenheitsche F
0°	0°	32,00	19	15,20	66,20
1	0,80	33,80	20	16,00	68,00
2	1,60	35,60	21	16,80	69,80
3	2,40	37,40	22	17,60	71,60
4	3,20	39,20	23	18,40	73,40
5	4,00	41,00	24	19,20	75,20
6	4,80	42,80	25	20,00	77,00
7	5,60	44,60	26	20,80	78,80
8	6,40	46,40	27	21,60	80,60
9	7,20	48,20	28	22,40	82,40
10	8,00	50,00	29	23,20	84,20
11	8,80	51,80	30	24,00	86,00
12	9,60	53,60	31	24,80	87,80
13	10,40	55,40	32	25,60	89,60
14	11,20	57,20	33	26,40	91,40
15	12,00	59,00	34	27,20	93,20
16	12,80	60,80	35	28,00	95,00
17	13,60	62,60	36	28,80	96,80
18	14,40	64,40	37	29,60	98,60

Celsische Grade C	machen Réaum. R	machen Fahren-heitsche F	Celsische Grade C	machen Réaum. R	machen Fahrenheitsche F
38°	30,40	100,40	70°	56,00	158,00
39	31,20	102,20	71	56,80	159,80
40	32,00	104,00	72	57,60	161,60
41	32,80	105,80	73	58,40	163,40
42	33,60	107,60	74	59,20	165,20
43	34,40	109,40	75	60,00	167,00
44	35,20	111,20	76	60,80	168,80
45	36,00	113,00	77	61,60	170,60
46	36,80	114,80	78	62,40	172,40
47	37,60	116,60	79	63,20	174,20
48	38,40	118,40	80	64,00	176,00
49	39,20	120,20	81	64,80	177,80
50	40,00	122,00	82	65,60	179,60
51	40,80	123,80	83	66,40	181,40
52	41,60	126,60	84	67,20	183,20
53	42,40	127,40	85	68,00	185,00
54	43,20	129,20	86	68,80	186,80
55	44,00	131,00	87	69,60	188,60
56	44,80	132,80	88	70,40	190,40
57	45,60	134,60	89	71,20	192,20
58	46,40	136,40	90	72,00	194,00
59	47,20	138,20	91	72,80	195,80
60	48,00	140,00	92	73,60	197,60
61	48,80	141,80	93	74,40	199,40
62	49,60	143,60	94	75,20	201,20
63	50,40	145,40	95	76,00	203,00
64	51,20	147,20	96	76,80	204,80
65	52,00	149,00	97	77,60	206,60
66	52,80	150,80	98	78,40	208,40
67	53,60	152,60	99	79,20	210,20
68	54,40	154,40	100	80,00	212,00
69	55,20	156,20			

$\frac{5}{9}(F - 32) = C.$ $\frac{4}{9}(F - 32) = R.$

Fahrenheit-sche F	machen C	machen R	Fahrenheit-sche F	machen C	machen F
0°	— 17,78	— 14,22	9°	— 12,78	— 10,22
1	17,22	13,77	10	12,22	9,77
2	16,67	13,33	11	11,67	9,33
3	16,11	12,88	12	11,11	8,88
4	15,56	12,44	13	10,56	8,44
5	15,00	12,00	14	10,00	8,00
6	14,44	11,55	15	9,44	7,55
7	13,89	11,11	16	8,89	7,11
8	13,33	10,66	17	8,33	6,66

Fahrenheitsche F	machen		Fahrenheitsche F	machen	
	C	R		C	R
18	— 7,78	— 6,22	71	21,67	17,33
19	7,22	5,77	72	22.22	17,77
20	6,67	5,33	73	22.77	18.22
21	6,11	4,88	74	23,33	18,66
22	5,56	4,44	75	23.89	19,11
23	5,00	4,00	76	24.44	19,55
24	4,44	3,55	77	25,00	20,00
25	3,89	3,11	78	25,56	20.44
26	3,33	2,66	79	26,11	20 88
27	2,78	2,22	80	26,67	21,33
28	2,22	1,77	81	27,22	21 77
29	1,67	1,33	82	27,78	22,22
30	1,11	0,88	83	28,33	22 66
31	0,56	0,44	84	28,89	23,11
32	0,00	0,00	85	29,44	23,55
33	+ 0,56	+ 0.44	86	30,00	24,00
34	1.11	0,88	87	30,56	24,44
35	1,67	1,33	88	31,11	24,88
36	2,22	1,77	89	31,67	25,33
37	2,78	2,22	90	32,22	25,77
38	3,33	2,66	91	32.78	26,22
39	3,89	3,11	92	33.33	26,66
40	4,44	3,55	93	33,89	27,11
41	5,00	4,00	94	34,44	27,55
42	5,56	4,44	95	35,00	28,00
43	6,11	4,88	96	35,56	28 44
44	6.67	5,33	97	36,11	27,88
45	7,22	5,77	98	36,67	29,33
46	7,78	6,22	99	37,22	29,77
47	8,33	6,66	100	37,78	30,22
48	8,89	7,11	101	38,33	30,66
49	9.44	7,55	102	38,89	31,11
50	10,00	8,00	103	39,44	31,55
51	10,56	8,44	104	40,00	32,00
52	11,11	8,88	105	40,56	32,44
53	11,67	9,33	106	41,11	32,88
54	12,23	9,77	107	41,67	33,33
55	12,78	10,22	108	42,22	33,77
56	13,33	10,66	109	42,78	34,22
57	13,89	11,11	110	43,33	34,66
58	14,44	11,55	111	43,89	35,51
59	15,00	12,00	112	44,44	35,55
60	15,56	12,44	113	45,00	36,00
61	16,11	12,88	114	45,56	36,44
62	16,67	13,33	115	46,11	36,88
63	17,22	13,77	116	46,67	37,33
64	17,78	14,22	117	47,22	37,77
65	18,33	14,66	118	47,78	38,22
66	18,89	15,11	119	48,33	38,66
67	19,44	15,55	120	48,89	39,11
68	20,00	16,00	121	49,44	39,55
69	20,56	16,44	122	50,00	40,00
70	21,11	16,88	123	50,56	40,44

Fahrenheitsche F	machen C	R	Fahrenheitsche F	machen C	R
124	51,11	40,88	169	76,11	60,88
125	51,67	41.33	170	76,67	61,33
126	52,22	41,77	171	77.22	61,77
127	52,78	42,22	172	77,78	62.22
128	53.33	42,66	173	78,33	62,66
129	53.89	43,11	174	78,89	63,11
130	54,44	43,55	175	79.44	63,55
131	55.00	44.00	176	80.00	64,00
132	55,56	44.44	177	80.56	64.44
133	56,11	44,88	178	81,11	64.88
134	56,67	45,33	179	81.67	65,33
135	57,22	45,77	180	82,22	65.77
136	57.78	46,22	181	82,78	66,22
137	58,33	46,66	182	83,33	66.66
138	58,89	47.11	183	83,89	67,11
139	59,44	47,55	184	84,44	67,55
140	60.00	48,00	185	85,00	68,00
141	60.56	48,44	186	85,56	68,44
142	61.11	48,88	187	86,11	68,88
143	61,67	49,33	188	86,67	69,33
144	62.22	49,77	189	87,22	69,77
145	62,78	50,22	190	87,78	70,22
146	63.33	50,66	191	88,33	70,66
147	63,89	51,11	192	88,89	71,11
148	64.44	51,55	193	89,44	71,55
149	65.00	52,00	194	90.00	72,00
150	65,56	52,44	195	90,56	72,44
151	66.11	52,88	196	91.11	72,88
152	66,67	53.33	197	91,67	73,33
153	67.22	53,77	198	92,22	73,77
154	67.78	54.22	199	92,78	74,22
155	68,33	54,66	200	93,33	74,66
156	68,89	55,11	201	93.89	75,11
157	69,44	55,55	202	94,44	75,55
158	70,00	56,00	203	95.00	76,00
159	70,56	56,44	204	95,56	76,44
160	71.11	56,88	205	96,11	76,88
161	71,67	57,33	206	96,67	77,33
162	72,22	57,77	207	97,22	77,77
163	72,78	58.22	208	97,78	78,22
164	73,33	58.66	209	98,33	78,66
165	73,59	59,11	210	98,89	79,11
166	74,44	59,55	211	99,44	79,55
167	75,00	60,00	212	100,00	80,00
168	75,56	60,44			

Proportionaltheile:

F	C
0,°1	0,°06
0,2	0,11
0,3	0,17
0,4	0,22
0,5	0,28
0,6	0,33
0,7	0,39
0,8	0,44
0,9	0,50

Bei den Weingeistthermometern vertritt Weingeist die Stelle des Quecksilbers, übrigens haben sie dieselbe Einrichtung und Form wie die Quecksilberthermometer. Der Weingeist hat den Vorzug, daß er in einer Temperatur, wo Quecksilber gefriert, noch flüssig bleibt und daß er eine ungefähr achtmal stärkere Ausdehnung durch die Wärme erfährt als Quecksilber. Zwar siedet er im Freien bei einer Temperatur unter 100 °C, in luftleeren verschlossenen Röhren lassen aber die sich bildenden Weingeistdämpfe den Weingeist nicht zum Sieden kommen. Auch lassen sich Weingeistthermometer bei weitem leichter herstellen als Quecksilberthermometer. Dennoch steht der Weingeist als Thermometerflüssigkeit dem Quecksilber weit nach. Vergleicht man den Gang eines Weingeistthermometers, mit dem eines Quecksilberthermometers, so zeigt sich, daß nur bei sehr niedrigen Temperaturen der Gang des ersteren gleichförmig ist, aber um so ungleichförmiger wird, je höhere Temperaturen man beobachtet. Ueberdieß werden auch Weingeistthermometer, vorausgesetzt, daß sie mit ganz gleicher Sorgfalt gearbeitet sind, nur dann übereinstimmen, wenn man zu ihnen Weingeist von genau gleicher Stärke genommen hat *).

Die Luftthermometer haben den Vortheil, daß sich die Luft, wie überhaupt alle Gase, in den höchsten wie in den niedrigsten Temperaturen völlig regelmäßig ausdehnt. Man kann aber die Luftthermometer niemals so zweckmäßig und transportabel einrichten, wie die Quecksilber- und Weingeistthermometer. Wenn man an einem gewöhnlichen Barometer, (s. d. Art.) das als Gefäß eine zum Theil mit Quecksilber, zum Theil mit Luft gefüllte Kugel hat, die Kugel oberwärts zuschmelzt, so hat man alsbald ein Luftthermometer hergestellt. Dehnt sich nämlich die noch in der Kugel enthaltene Luft in Folge der Wärme aus, so wird sich das Quecksilber in der Röhre heben. Ein derartiges Instrument wirkt gar nicht mehr als Barometer, weil der Druck der Atmosphäre durch die angegebene Zuschmelzung der Kugel aufgehoben wird. Der Eispunkt und Siedepunkt eines solchen Thermometers wird, nachdem es

*) Ganz entbehren kann man die Weingeistthermometer nicht, weil sie stets bei sehr niedrigen Temperaturen angewendet werden müssen, wo Quecksilber gefriert oder doch unsicher wird (s. d. Folg.). Rectificirter Weingeist gefriert in keiner bekannten Temperatur.

vertical aufgehängt, in ähnlicherweise wie beim Quecksilberthermometer bestimmt. Dagegen dehnt sich seinerseits auch das Quecksilber in ähnlicher Weise aus, wie bei einem Quecksilberthermometer der Fall ist. Dieser Einfluß des Quecksilbers muß stets in Anrechnung gebracht werden. Eine andere Einrichtung des Luftthermometers ist die, welche einem gewöhnlichen Quecksilberthermometer gleicht. In der Kugel und dem unteren Theile der Röhre befindet sich wohlausgetrocknete Luft, welche durch eine kurze Quecksilbersäule von der äußeren Luft abgesperrt ist. Das obere Ende der Röhre ist offen, und die kurze Quecksilbersäule steht höher oder niedriger, je nachdem die Temperatur, welche die Luft im Thermometer ausdehnt, höher oder niedriger ist. Dieses Thermometer steht, weil es offen ist, unter dem Einflusse des Luftdruckes, so daß, wenn dieser sich änderte, auch der Stand des Thermometers selbst bei gleichbleibender Temperatur ein anderer werden würde. Der Einfluß des zu beobachtenden Luftdruckes läßt sich nach dem Mariottischen Gesetze (s. d. Art. Gase) berechnen. Auch bei der Theilung des Fundamentalabstandes kann man auf verschiedene Weise verfahren. Man kann denselben in 375 gleiche Theile zerlegen *), zum Eispunkte 1000 und zum Siedpunkte 1375 setzen, oder man kann ihn in 100 Theile theilen, und den Eispunkt mit 267 bezeichnen, woraus sich für den Siedpunkt die Zahl 367 ergiebt. Das erste Verfahren gewährt den Vortheil, daß ein darnach eingerichteter Thermometer stets unmittelbar die Größe der Ausdehnsamkeit der Luft, mithin das wahre Maß der Wärme angibt, das letztere hingegen den, daß sich die Grade des Luftthermometers durch bloße Addition oder Subtraction in die eines hunderttheiligen Quecksilberthermometers verwandeln lassen. Heißt eine beliebige Anzahl Grade des Luftthermometers nach der ersten Einrichtung L, die ihr entsprechende am hunderttheiligen Quecksilberthermometer C; so ist $L = 3,75\ C + 1000$ und $C = \frac{L - 1000}{3,75}$. Bezeichnet L′ dieselbe Größe für das Luftthermometer nach der zweiten Einrichtung; so ist $L' = 267 + C$ und $C = L' - 267$.

Dulong und Petit haben über die Ausdehnung der Gase für die Temperaturen unter 0 und über 100 C. Untersuchungen angestellt, und sind dabei zu nachstehenden für die Lehre von den Thermometern höchst wichtigen Resultaten gekommen. Von 0 bis — 36° C. ist die Ausdehnung der Luft verglichen mit der des Quecksilberthermometers noch gleichmäßig und dieselbe wie die Ausdehnung zwischen 0 und 100°. Unter —36° befindet sich das Quecksiber zu nah an seinem Gefrierpunkte, als daß es zur Messung der Temperaturen benutzt werden könnte. Von 100° bis 360° C. wird die Ausdehnung der Luft, bezogen auf das Quecksilberthermometer abnehmend, d. h. für jeden Grad und mithin für jede gleichgroße Volumenzunahme, welche das Thermometer annimmt, nimmt die Luft immer kleinere und kleinere Zuwächse. Umgekehrt sind die Ausdehnungen des Quecksilbers über 100°, verglichen mit

*) Vergl. d. Art. Ausdehnung, S. 125.

den Ausdehnungen der Luft zunehmend. Es scheint für den Augenblick, daß es schwer sei zu entscheiden, ob diese Unregelmäßigkeit im Quecksilber oder in der Luft ihren Grund habe; bedenkt man aber, daß alle Gase sich genau eben so wie die Luft verhalten, und daß der gasförmige Zustand an sich mehr Gleichmäßigkeit als der tropfbarflüssige hat, welcher so zu sagen nur ein Durchgangszustand ist; so ist klar, daß man die Ausdehnung der Luft zu Grunde legen, als die regelmäßige annehmen, und die Ausdehnungen aller andern Körper mit der Ausdehnung der Luft vergleichen muß. Dulong und Petit kamen bei ihrer Vergleichung des Quecksilberthermometers mit dem Luftthermometer zwischen den Temperaturen 100° und 360°, welche die Temperatur des siedenden Quecksilbers ist, zu folgenden Resultaten.

Temperaturen, angezeigt vom Quecksilbertherm. mit Glashülle.	Temperaturen, angezeigt von einem Lufttherm. und corrig. auf Ausdehnung des Glases.	Volumina, welche derselben Luftmasse entsprechen.
—36°	—36°	0,8650
0	0	1,0000
100	100	1,3750
150	148,70	1,5576
200	197,05	1,7389
250	245,05	1,9189
300	292,70	2,0976
Siedep. d. Quecks. 360	350,00	2,3125

Die erste Columne zeigt die Temperaturen nach dem Quecksilberthermometer an. Die zweite Columne gibt die entsprechenden Temperaturen nach einem Luftthermometer, bei welchem vorausgesetzt ist, daß es eben so wie das Quecksilberthermometer graduirt sei, d. h. daß der Abstand des Eispunktes vom Siedepunkte des Wassers in 100 gleiche Theile getheilt sei, und daß diese Theilung über und unter die genannten Punkte fortgesetzt sei. Nur die Grade des Quecksilberthermometers hängen von der Ausdehnung des Quecksilbers und der des Glases ab, welches das Quecksilber umgibt, während die Grade des Luftthermometers vom Einflusse der Ausdehnung des Glases, welche als bekannt angenommen, corrigirt sind. Die dritte Columne zeigt die auf einander folgenden Volumina an, welche dieselbe Masse trockner Luft unter demselben Drucke einnimmt, indem sie von der Temperatur 0, wo ihr Volumen = 1 angenommen, ausgeht und nach und nach die in den nebenstehenden Columnen angegebenen Temperaturen einnimmt. Man sieht, daß das Luftthermometer und das Quecksilberthermometer von — 36° bis + 100° C. genau zusammenstimmen, daß aber über 100° das Quecksilberthermometer voraus eilt; es gibt 200, wenn das Luftthermometer nur erst 197,05 gibt, welches eine Differenz von ungefähr 3° macht; diese Differenz verdoppelt sich zwischen 200 und 300 und beträgt endlich zwischen 100 und 360° sogar 10°, weil das Luftthermometer dann erst 350 gibt.

Der Apparat, dessen sich Dulong und Petit bedient, um zu

diesen Resultaten zu gelangen, ist Fig. 331. 332. und 333. dargestellt. Er besteht aus einem rechtwinkligen Kasten von Rothkupfer, von 7 Decimeter Länge, 1 Decim. Breite und 1 Decim. Tiefe, den man mit beständigem Oel füllt und mit einem Ofen in Verbindung bringt, der so eingerichtet ist, daß alle Theile des Kastens gleichmäßig erhitzt werden können. Fig. 332. zeigt den verticalen, und Fig. 333. den horizontalen Durchschnitt desselben. Der Deckel ist mit mehren Löchern durchbohrt, von denen die einen zur Aufnahme von Thermometern, die andern zur Aufnahme von Stangen mit Flügeln bestimmt sind, welche durch ihre Umdrehung die Flüssigkeit mischen und durchgängige Gleichförmigkeit der Temperatur bewirken. Die eine der kleinen Seitenflächen hat zwei Oeffnungen, welche dieselbe Größe haben und in demselben Niveau liegen. Die erste nimmt einen horizontalen Thermometer bt auf, die zweite die Luftröhre cac', welche gleichfalls horizontal liegt. Diese beiden Instrumente befinden sich in derselben Niveaulage und die Kugel b des Thermometers entspricht der Mitte a der Länge der Röhre. Mit diesem Apparate wurde die Ausdehnung der Luft auf zwei Weisen beobachtet, durch Messung der Volumina, und durch Messung der Drucke. Um das erste Verfahren einzuschlagen, läßt man die Luftröhre cac' in einen sehr feinen Schnabel c' (eine offene Spitze) ausgehen, welcher aus dem kupfernen Kasten heraustreten muß (Fig. 332. und 333.). Ist diese Röhre mit trockner Luft gefüllt, so läßt man sie offen, bringt den Apparat in Ordnung, gießt das fixe Oel ein, welches erwärmt werden soll, und steigert gradweise die Temperatur. Wenn man sich dem Temperaturgrade nähert, den man erreichen will, verschließt man den Ofen. Die Temperatur steigt noch, bis sie ein Maximum (höchsten Grad) erreicht hat, auf dem sie eine kurze Zeit beharrt; und während dieser nimmt man die drei Verrichtungen vor, von denen der Erfolg des Versuches abhängt: man beobachtet das Quecksilberthermometer, beobachtet das Barometer, und schließt zugleich mit dem Löthrohr den Schnabel c' der Luftröhre. Nachher, wenn der Apparat abgekühlt ist, nimmt man die Luftröhre heraus, bringt sie in ein Gemach von bekannter Temperatur, stellt sie senkrecht, mit der Spitze nach unten, in ein Gefäß mit Quecksilber und bricht das (zugeschmolzene) Ende des Schnabels ab. Da die abgekühlte Luft im Innern der Röhre nunmehr eine geringere Spannung hat, als der atmosphärische Druck beträgt, so steigt das Quecksilber in der Röhre bis zu einer gewissen Höhe, die man mit großer Sorgfalt mißt. Hierauf stellt man die Wägungen an: 1) wägt man die Röhre und alles Quecksilber, welches sie enthält; 2) wägt man die Röhre ohne das Quecksilber; 3) wägt man die mit Quecksilber gefüllte Röhre. Zieht man nach einander die erste und zweite Wägung von der dritten ab, so hat man die Gewichte zweier Volumina Quecksilber; das erste ist gleich dem Volumen der erkalteten Luft, das zweite gleich dem Totalvolumen der Röhre und folglich gleich dem Volumen der erhitzten Luft, welche sie in dem Augenblicke erfüllte, wo sie mit dem Löthrohre verschlossen wurde. Corrigirt man diese Resultate nach der Ausdehnung des Glases und dem Unterschiede der (atmosphärischen an dem Barometer beobachteten) Drucke, so erhält man endlich das genaue Ver-

hältniß zwischen dem Volumen der erhitzten Luft und dem Volumen der kalten Luft, woraus man auf die Ausdehnung der Luft schließt. — Um diese durch Messung der Drucke zu bestimmen, bedient man sich der in Fig. 331. abgebildeten Luftröhre. Diese Röhre wird wie die erste angebracht, nur daß der umgebogene Theil senkrecht herabgeht. Man bewirkt die Erhitzung wie vorhin, und wenn man das Maximum der Temperatur erreicht hat, bringt man das Ende der Röhre, anstatt es wie vorhin zu verschließen, in ein kleines Gefäß voll Quecksilber, und läßt den Apparat erkalten. Indem die Spannung der Luft (im Innern der Röhre) abnimmt, steigt das Quecksilber in dem senkrechten Arme in die Höhe, und man mißt mit großer Sorgfalt die Höhe, in welcher es stehen bleibt, wenn die Temperatur der Abkühlung bleibend geworden ist. Auf diese Weise erkennt man, nachdem die erforderlichen Correcturen angebracht worden, das Volumen und den Druck der heißen Luft, das Volumen und den Druck der kalten Luft und leitet daraus die Ausdehnung ab. Die Resultate dieser beiden Verfahrungsarten dienen einander zur Bestätigung, denn sie stimmen vollständig unter einander überein und zeigen zugleich, daß das Mariottische Gesetz (s. d. Art Gase) für alle Temperaturen gilt. *)

Aehnlich wie das Quecksilber, welches nur innerhalb gewisser Grenzen in seinen Ausdehnungen mit dem Gange des Luftthermometers übereinstimmt, verhalten sich alle übrigen Körper. Was namentlich verschiedene Flüssigkeiten betrifft, aus denen Thermometer verfertigt werden können, hat Deluc Beobachtungen angestellt, welche im Art. Ausdehnung S. 107 nach ihren Resultaten mitgetheilt sind. Man sieht aus der Tabelle, daß sich keine Flüssigkeit so gut wie Quecksilber zur Construction von Thermometern eignet.

Die Geschichte der Entdeckung und allmähligen Verbesserung eines so wichtig gewordenen Instrumentes, wie das Thermometer, ist nicht ohne Interesse. Die Erfindung wird allgemein einem Landmanne aus Alkmar in Nord-Holland, Namens Cornelius Drebbel zugeschrieben. In der ersten Hälfte des 17. Jahrh. wurde das Instrument in Holland und England bekannt. Auch der Arzt Sanctorius, Galilei u. a., sind als Erfinder des Thermometers, aber wahrscheinlich mit Unrecht genannt worden. Drebbels Thermometer hatte folgende Einrichtung. In dem Gefäße (Fig. 334.) ab befindet sich gemeines Wasser mit Scheidewasser vermischt, damit es nicht sogleich gefriere. Die leere gläserne Kugel c mit der daranbefindlichen Röhre wird erwärmt, damit ein Theil Luft heraustrete; hiernächst wird die Oeffnung der engen Röhre in das Gefäß ab hineingesteckt. Sobald nun die Kugel erkaltet, zieht sich die Luft wieder in ihr zusammen, und die Flüssigkeit tritt durch c in die enge Röhre hinauf. Gesetzt also, die Flüssigkeit sei bei ei-

*) Das Wasserstoffgas, welches von allen Gasen dasjenige ist, welches sich am meisten von der atmosphärischen Luft unterscheidet, hat dennoch dieselben Resultate gegeben, sowohl in Bezug auf Gleichmäßigkeit als auf Quantität der Ausdehnung.

ner gemäßigten Temperatur etwa bis d hinaufgestiegen, so wird er bei größerer Wärme unter d herabsinken, und bei größerer Kälte über d hinaufsteigen. — Des Sanctorius Thermometer hatte dieselbe Einrichtung, wie das Drebbelsche, nur daß es (Fig. 335.) bei a umgebogen, und statt des Gefäßes eine gläserne Kugel cb angeschmolzen war, in welcher die Flüssigkeit ungefähr zur Hälfte sich befand. — Beide Thermometer konnten nun in der beschriebenen Gestalt an eine Tafel befestigt werden, an der längs der Röhre eine Scale in beliebige Theile als Thermometergrade getheilt angebracht war. Die ersten Weingeistthermometer wurden von den Mitgliedern der Akademie zu Florenz verfertigt. Man füllte die gläserne Röhre (Fig. 336.) ab, die sich unten in eine kleine Kugel dc endigt, mit gefärbtem Weingeist, ungefähr bis zum vierten Theile der Röhre an; hiernächst erwärmte man die Kugel im heißen Wasser so lange, bis der Weingeist in der Röhre ganz in die Höhe stieg, und verschloß sodann das Ende derselben hermetisch. Auf solche Art steigt die Oberfläche des Weingeistes e bei zunehmender Wärme höher, und sinkt dagegen in der Kälte herab. Die Stelle, wo e in einer gemäßigten Wärme, z. B. in einem tiefen Keller, stand, bezeichnete man mit Null, und theilte über und unter dieser Stelle willkürliche Theile, gemeiniglich 100, ab, wovon jene die Grade der Wärme und diese die Grade der Kälte genannt wurden *). Diese Instrumente hatten den Fehler, daß sie weder unter einander noch mit dem wahren Gange der Temperatur in ihren Anzeigen übereinstimmen. Renaldini war der erste, welcher vorschlug, den Eis- und Siedepunkt zu bemerken und den Abstand beider in eine bestimmte Anzahl Theile zu zerlegen, doch hatte er falsche Vorstellungen von dem Wesen der Wärme **).

---

*) Man hat vor Kurzem in Florenz eine Kiste mit alten Thermometern der Academia del Cimento gefunden, welche in 50° getheilt waren, und bemerkt, daß der Nullpunkt derselben mit — 15° R., so wie der 50° mit + 44° R. übereinstimmte. Zugleich zeigten Vergleiche mit alten Angaben, daß sich der Nullpunkt dieser alten Instrumente nicht verändert hat.

**) Das von Amontons ausgeführte Normalthermometer, welches schon wegen seiner ungeschickten Länge (4. F.) nicht zu empfehlen, hatte folgende Einrichtung. Es bestand aus einer gläsernen engen Röhre (Fig. 337.) abc, unten bei c in die Höhe gekrümmt, und an selbiger eine Kugel de geschmolzen. Die Kugel enthielt Luft; in der Röhre abc aber fand sich so viel Quecksilber, daß, wenn das Thermometer in siedendem Wasser stand, die Höhe der Quecksilbersäule über der untern Quecksilberfläche bd, mit der Barometerhöhe zusammengenommen, 73 par. Zoll betrug. War z. B. die Barometerhöhe 28 Zoll, so mußte die Höhe b f 45 Zoll betragen. Alsdann setzte Amontons bei f 73 Zoll, und trug längs der Röhre par. Zolle und Linien herab, welche, wie die Figur zeigt, rückwärts gezählt wurden, so daß bei b 28 Zoll gestanden hätte, wenn die Röhre so weit zu bezeichnen nöthig gewesen wäre. Verminderte sich nun durch Erkältung die Elasticität der Luft in der Kugel ed, so sank die Quecksilbersäule herab, und ihr Stand gab eine gewisse Anzahl von Zollen an, von welcher man jedes-

Newton bediente sich eines Thermometers von Leinöl, weil diese Flüssigkeit weniger leicht als Weingeist siedet. Derselbe schlug vor, man solle die Wärme des Blutes als eine mittlere annehmen, für die Zusammenziehung der zur Wärmemessung genommenen Flüssigkeit bis zum Punkte des gefrierenden Wassers dann 12 Grade wählen, so werde das siedende Wasser 33 bis 34 von diesen zeigen, eine mit der gegenwärtigen Scalentheilung sehr genau zusammenfallende Bestimmung. Réaumur erkannte die unveränderliche Temperatur des schmelzenden Eises und des siedenden Wassers, wählte nicht völlig absoluten Alkohol zur thermometrischen Flüssigkeit, und fand durch Abmessung mit kleinen Bechern, daß die Ausdehnung desselben zwischen diesen beiden Punkten 0,08 seines Volumens betrug. Diesem nach bezezeichnete er den Stand der Weingeistsäule bei jenem Punkte mit 0, bei diesem mit 80 und theilte den ganzen Zwischenraum in gleiche Theile, wodurch aber seine Scale unrichtig wurde, da die Ausdehnung des Weingeistes in höhern Graden zunimmt. De Lüc erkannte und verbesserte dieses zuerst gründlich, indem er statt des Weingeistes Quecksilber wählte, die Bestimmung der festen Punkte und die Eintheilung zwischen denselben beibehielt, und hiernach richtige Thermometer einführte. Hiernach hat man also zuerst die Réaumürsche oder achtzigtheilige Scale. — Daniel Gabriel Fahrenheit, ein Verfertiger von Wettergläsern in Danzig, nahm die Kälte von 1709 als das Maximum an, was aber durch Salmiak und Schnee hervorgebracht werden könne; hierhin setzte er den absoluten Nullpunkt, wählte dann für den Siedepunkt des Quecksilbers 600 und zur Bezeichnung der Blutwärme 96 Grade. Schon 1714 erhielt Wolf von ihm zwei übereinstimmende Thermometer, welches allgemeines Aufsehen erregte. Weil es indeß klar ist, daß er die beiden Normalpuncte nicht bei jedem Thermometer erhalten konnte, so unterliegt es keinem Zweifel, daß er sich ein Normalthermometer verfertigt hatte, wonach er die übrigen graduirte, und damit war für ihn also die Uebereinstimmung leicht zu erhalten. Auch diese ersten Thermometer waren mit Weingeist gefüllt, jedoch verfertigte Fahrenheit zehn Jahre später Quecksilberthermometer, wobei er das ursprüngliche Null beibehielt, als zweiten Punkt aber den des siedenden Wassers wählte und mit 212 bezeichnete, welches demnach die Fahrenheitsche Scale gab. — De l'Isle meinte, man müsse nur Einen festen Punkt annehmen, und hierzu wählte er den Siedepunkt des Wassers, welchen er mit 0 bezeichnete. Weil dann aber das Quecksilber sich nach seinen Messungen von hieraus bis zum schmelzenden Eise um 0,0150 seines Volumens zusammenziehen sollte, so bezeichnete er den letzteren Punkt mit 150, und gab so die nach ihm benannte de l'Islesche Scale, welche von allen

mal so viel abzog, als die Barometerhöhe über 28 Zoll war, oder so viel hinzusetzte, als sie unter 28 Zoll betrug, um dasjenige abzurechnen, was allein von dem veränderten Drucke der Luft, und nicht von der Wärme, abhing. So fand er die Wärme des frierenden Wassers $51\frac{1}{2}$ Zoll, die in den Kellern der pariser Sternwarte 54 Zoll u. s. w.

übrigen abweichend die Grade herabwärts zählt. Ungleich zweckmäßiger war der durch Celsius gethane Vorschlag, bei der Graduirung der Thermometer die absolute Ausdehnung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit zu vernachlässigen, und statt dessen lieber den Raum zwischen den festen Punkten in 100 Theile als runde, und hierfür die angemessenste Zahl zu theilen. Dieser so einfache und nahe liegende Gedanke veranlaßte die Celsius'sche oder hunderttheilige Scale, welche indeß lange Zeit blos in Schweden Eingang fand, und daher auch die Schwedische genannt wird, statt daß man in Frankreich und Deutschland sich der Réaumurschen, in England den Fahrenheitschen bediente, bis die Einführung des metrischen Systems in Frankreich der hunderttheiligen den gebührenden Vorzug verschaffte, welche daher auch jetzt sehr allgemein gebraucht wird, und allein die herrschende zu werden verdient.

Eine genaue Anweisung zur Verfertigung, Prüfung und zum Gebrauch der Thermometer hat Baumgartner gegeben *).

Bei der Verfertigung eines Quecksilberthermometers hat man zuerst die Glasröhre recht zu wählen und bei dieser Wahl auf die Beschaffenheit des Glases und auf die Dimensionen der Röhre Rücksicht zu nehmen. Die Künstler lieben zwar in der Regel Röhren aus weichem Glase, das man aus der grünlichen ins Blaue spielenden Farbe erkennt, weil es sich leichter im Feuer erweichen läßt; allein dieses hat die nachtheilige Eigenschaft, entweder schon beim Auskochen des Quecksilbers, oder doch mit der Zeit in der gewöhnlichen Temperatur, eine Art Zersetzung zu erleiden, so, daß sich das Quecksilber daran hängt und ihm die Durchsichtigkeit benimmt. Deßhalb soll man sich lieber an das weiße, wenn auch härtere Glas, halten. Die Glasdicke ist wohl im Allgemeinen gleichgiltig, nur verunglücken dicke Röhre beim Auskochen leichter als dünne, sind aber in manchem Falle, z. B. wenn man die Scale gleich auf die Röhre verzeichnen will, bequemer als die mit dünnen Wänden. Die Größe der Oeffnung wählt man nach der Empfindlichkeit, welche das werdende Instrument haben soll. Eine weite Röhre gibt immer ein faules Thermometer, weil sie zu viel Quecksilber enthalten muß, wenn die Grade auch nur eine mäßige Größe bekommen sollen. **) Bei engen Röhren ist zwar der Stand der Quecksilbersäule schwerer zu erkennen, allein ein geübtes Auge weiß sich auch bei der feinsten Röhre zurecht zu finden, besonders wenn man das Instrument so stellt, daß der Hintergrund gegen das Quecksilber stark absticht. Auch kann man recht empfindliche Thermometer bekommen, an denen die Quecksilbersäule selbst für ein minder geübtes Auge leicht erkennbar ist, wenn man eine Röhre wählt, deren Oeffnung einen Cylinder mit ovaler Basis vorstellt, und die in einem auf ihre Axe senkrechten Quer-

---

*) Baumgartners Naturlehre. Supplementband. Wien 1831.

**) Offenbar wird der Fundamentalabstand je nach der Größe des unteren Quecksilbergefäßes und der Weite der Röhre verschieden ausfallen, und demgemäß werden bei den verschiedenen Instrumenten auch die Grade verschiedene Größe haben.

schnitt aussieht, wie Fig. 338. zeigt. Steht das Auge in der Richtung der kleinen Axe der Oeffnung, so hat es die Quecksilbersäule nach ihrer breiteren Seite vor sich, die selbst bei einer sehr geringen Capacität der Röhre bedeutend sein kann. Das Röhrenstück, welches man zu einem Thermometer wählt, muß gerade sein, weil man sonst die Scale nach der Röhre krümmen müßte, welches nicht ohne Schwierigkeit geschehen, und der Richtigkeit des Instruments Abbruch thun könnte. Am wichtigsten ist es aber, daß diese Röhre allenthalben dieselbe Weite und dasselbe Caliber habe. Röhren, welche von Außen conisch zulaufen, sind auch inwendig nicht gleich weit, diese erkennt man daher leicht als unbrauchbar; allein selbst solche, an denen man von Außen keine Abweichung von der Cylinderform erkennt, haben im Innern nicht immer durchaus dieselbe Weite. Um zu erkennen, ob eine Röhre inwendig durchaus gleich weit sei oder nicht, bringt man eine kleine Quecksilbersäule hinein, schiebt sie durch Neigen der Röhre, oder falls diese zu eng ist, durch Aufstoßen auf eine Unterlage von einem Ende zum andern, und mißt von Stelle zu Stelle ihre Länge. Findet man diese unveränderlich, so ist die Oeffnung der Röhre cylindrisch, wo nicht, so hat sie eine andere Gestalt. Je länger diese Quecksilbersäule ist, desto merklicher wird jede kleine Abweichung von der cylindrischen Gestalt ihrer Oeffnung, allein desto leichter übersieht man nahe an einander liegende Abwechselungen im Durchmesser, deren es oft sehr viele gibt. Man soll daher, wenn man es recht genau nehmen will, jede Röhre, die man mit einer (2 — 3 Zoll) langen Quecksilbersäule als cylindrisch befunden hat, noch einmal mit einer kurzen (etwa 1 Zoll langen) Säule prüfen. Bei dieser Arbeit kommt es sehr darauf an, daß man die Quecksilbersäule ohne Saugen in die Röhre bringe; denn durch das Saugen kommt immer etwas Feuchtigkeit hinein, welche die feineren Arbeiten erschwert und oft das Instrument unbrauchbar macht. Man verfährt am besten, wenn man die offene Röhre (3 — 6 Zoll) tief in reines Quecksilber taucht, hierauf das hervorstehende Ende mit einem Finger schließt und sie herauszieht, in welchem Falle sie gewiß eine hinreichend lange Quecksilbersäule enthalten wird, die man vor der Calibrirung noch nach Belieben durch Herauslassen eines Theiles der Flüssigkeit bis zur rechten Länge verkürzen kann. Das Messen der Quecksilbersäule an verschiedenen Stellen der Röhre verrichtet man mit einem Zirkel, oder genauer mittels einer feinen schwarzen Scale, die auf einem Streifen Papier oder Elfenbein verzeichnet ist. An die wohlcalibrirte Röhre wird nun eine Kugel angeblasen oder ein Cylinder angeschmolzen. Die Größe beider richtet sich nach dem inneren Durchmesser der Röhre und nach der Größe der Grade, die das Instrument erhalten soll. Künstler, welche viele Thermometer verfertigen, haben schon eine hinreichende Fertigkeit, um alle Kugeln nahe gleich dick zu machen, sie brauchen daher auch nur auf ihre äußere Abmessung zu sehen. Um diese von rechter Größe zu bekommen, haben sie an einem dünnen Bret eine Reihe runder Löcher von verschiedener Größe, die sie als Lehre brauchen, indem sie die Kugel so groß machen, daß sie gerade noch durch eines dieser Löcher geht, von welchem sie aus Erfahrung wissen, daß es

bei einem gewissen Durchmesser der Röhre Grade von bestimmter Größe gibt. Man kann diese Größe der Kugel auch durch Rechnung bestimmen. Allein nicht die Rechnung, sondern die Verfertigung der Kugel, wie sie die Rechnung gibt, ist die eigentliche Aufgabe. Selten nimmt man zu diesem Mittel die Zuflucht, weil auch selten die Größe der Grade so genau vorgeschrieben ist. Für solche Thermometer, die man zur Bestimmung der mittleren Temperatur einer Flüssigkeit braucht, welche in verschiedenen horizontalen Schichten auch verschiedene Temperaturen hat, oder bei denen die Kugel gar zu groß ausfiele, wählt man ein cylindrisches Gefäß, daß von einer dünnen Glasröhre abgeschnitten und dann an die Thermometerröhre angeschmolzen wird. Beide Glasstücke müssen einerlei Mischung haben, wenn sie beim Auskühlen nicht wieder auseinander gehen sollen. Man muß bei Cylinderthermometern stets auf große Empfindlichkeit verzichten, weil der Cylinder stets dickere Wände hat, als eine Kugel. Man mag nun das Thermometer mit einem kugelförmigen oder cylindrischen Gefäße versehen, so ist es nöthig, Luft in die Röhre zu treiben, ja eine Kugel wird einzig nur durch Luft aufgetrieben; bei einem Cylinder verhütet man durch Einblasen von Luft das Zusammensinken der Röhre dort, wo der Cylinder daran stößt. In keinem Falle soll die Luft mit dem Munde hinein geblasen werden, weil es sehr schwer hält, die Feuchtigkeit, welche dadurch in die Röhre kommt, wieder zu vertreiben, und eine enge Röhre durch eine kleine Wassersäule bald völlig gesperrt wird. Nicht viel besser ist es, jene Künstler nachzuahmen, die eine Schweinsblase am Halse mit einem Glasrohr versehen, sie mit dem Munde aufblasen, hierauf die Thermometerröhre daran kitten, und durch Drücken der Blase Luft in die Röhre treiben, weil auch diese stets feucht ist. Am zweckmäßigsten wendet man eine kleine weiche Blase aus Cautschouc an, um deren Hals man eine Glasröhre fest anbindet, die so weit ist, daß sie jede Thermometerröhre leicht aufnehmen kann. Gut ist es, wenn die Röhre am hervorstehenden Ende eine kleine trichterförmige Erweiterung hat, wie Fig. 339. zeigt. Eine solche Blase dehnt sich nach jedem Drucke von selbst wieder völlig aus und schöpfet so die Luft unmittelbar aus der Atmosphäre. Wickelt man um die Thermometerröhre, welche die Kugel bekommen soll, weiche Papierstreifen, bis sie nur schwer in die Röhre an der Blase geschoben werden kann, hält hierauf das andere Ende der Röhre in eine gute Stichflamme, so erzeugt ein mäßiger Druck auf die Blase schon eine ziemlich große Kugel. Körner empfiehlt zu demselben Zwecke eine kleine Spritze, in deren Mündung die Glasröhre luftdicht eingekittet wird, und aus welcher man mittels des Kolbens Luft in die Röhre treibt. Indeß ist die Anwendung der Cautschoucblase leichter. Zum Füllen des Thermometers muß vor allem reines Quecksilber vorbereitet sein. Als rein kann man es ansehen, wenn es sich nicht an das Glas anhängt und nach etwa dreimaligem Durchlaufen durch einen engen Trichter aus geleimtem, scharf abgeschnittenen Papier, keine Unreinigkeit mehr an demselben zurück läßt. Reines Quecksilber erhält sich auch an der Luft lange mit blanker Oberfläche, unreines wird sehr bald matt und überzieht sich mit einem Oxydhäutchen. Wird es bei dieser Probe als

unrein erkannt, so muß es gereinigt werden, bevor man es zum Füllen eines Thermometers braucht. *)

Hat man reines Quecksilber bei der Hand, so steckt man auf die Thermometerröhre, nachdem sie am offenen Ende mit etwas Papier umwunden worden ist, einen reinen gläsernen Trichter, schüttet Quecksilber hinein, hält die Kugel über glühende Kohlen oder über eine Weingeistflamme (weil diese die Kugel nicht berußt), treibt so einen Theil Luft heraus und zieht sie zurück, damit ein Theil Quecksilber durch den äußeren Luftdruck in die Kugel getrieben werde. Dieses Quecksilber bringt man durch abermaliges Annähern an die Flamme zum kochen, damit die Luft gänzlich ausgetrieben und die ganze Kugel, nachdem sie vom Feuer entfernt worden, mit Quecksilber gefüllt werde. So lange das hineinfallende Quecksilber nicht bis zum letzten Augenblick an das Glas schlägt, als wenn Metall an Metall stieße, ist noch eine Luftblase in der Kugel, und zwar gewöhnlich am Halse derselben; man sieht sie aber oft nicht. In diesem Fall muß das Kochen des Quecksilbers erneuert werden. Nicht selten geschieht es, daß die Luftblase, die vertrieben werden soll, beim Erhitzen des Quecksilbers zwar mit diesem in den Trichter gelangt, aber es auch wieder beim Zurückkehren begleitet. In diesem Falle hilft oft eine kleine Erschütterung, die zur Zeit, wo die Luft im Trichter ist, an demselben angebracht wird, oder ein reiner Eisendraht, den man in den Trichter steckt, bevor man die Luftblase hinauftreibt und ihn herauszieht, sobald man glaubt, dieselbe sei in seiner Nähe. Uebrigens hat man beim Geschäft des Füllens vorzüglich zwei Punkte zu berücksichtigen, 1) soll man es immer an einem warmen Orte vornehmen, damit das in den Trichter hinaufgetriebene Quecksilber nicht so schnell auskühle und beim Zurückkehren in die Kugel nicht die Röhre durch zu schnelles Erkalten in Stücke gehe; 2) soll man stets so viel Quecksilber im Trichter zu erhalten suchen, daß nie die letzten Tropfen in die Röhre kommen; denn diese befanden sich an der Oberfläche, wo sich stets etwas Staub anhäuft und würden denselben in die Röhre mitnehmen und sie so verunreinigen. Ist die Röhre mit Quecksilber gefüllt, so stellt man sie zur Seite, ohne den Trichter abzunehmen, damit beim Auskühlen des Quecksilbers immer noch neues von oben nachrücken könne und die Röhre, selbst bei der gewöhnlichen Temperatur, voll davon sei. — Nach diesem Verfahren enthält höchstens nur die Kugel gut gekochtes, ganz luftleeres Quecksilber, das in der Röhre hingegen ist noch nicht gekocht. Bei sehr genauen Instrumenten, soll auch dieses luftleer sein. Um dieses zu bewirken, faßt man die Kugel oder den Cylinder mit einer hölzernen Zange, hält sie damit fest und bewegt die Röhre über glühende Kohlen so lange hin und her, bis das Quecksilber beinahe die Siedhitze erlangt hat. Dabei wird man finden, daß sich oft namhafte Luftblasen zeigen und nach und nach herausgehen. Meistens entfernt sich mit ihnen auch etwas Quecksilber, das man nach der Hand wieder nachfüllen muß, wenn es nothwendig sein sollte. Wie-

*) Ueber die Reinigung des Quecksilbers s. d. Art. Barometer, S. 145.

wohl dieses nicht gekochtes Quecksilber ist, so ist doch der Zweck erreicht, weil durch das Erhitzen der Röhre die Luft vertrieben ist, die so stark an den Glaswänden haftet. Nach diesem Geschäfte wird die Quecksilbermenge bestimmt, welche das Instrument erhalten darf, um noch den höchsten Grad, bis zu dem die Scale reichen soll, an demselben anbringen zu können. Zu diesem Behufe wird die bereits abgekühlte Röhre wieder zur Hand genommen, der Trichter entfernt und die Kugel oder der Cylinder des Thermometers in eine Temperatur gebracht, welche dem höchsten Punkt der Scale dieses Instruments entspricht und in dieser so lange gelassen, bis kein Quecksilber mehr aus der Röhre herausgetrieben wird. Gewöhnliche Thermometer, deren Scale nur bis zum Siedpunkte des Wassers reicht, werden in siedendes Wasser getaucht. Weil aber nach dieser Behandlung der höchste Punkt der Scale an das Ende der Röhre zu stehen käme, so muß man nachher noch einige Quecksilbertropfen durch Erhitzen heraustreiben. — Auf diese Operation folgt das Luftleermachen und Schließen der Röhre, wenn man übrigens geneigt ist, ein luftleeres Thermometer zu verfertigen. Zu diesem Zwecke zieht man die Röhre am offnen Ende in eine sehr feine Spitze aus, bedient sich nebst der zum Erweichen des Glases bestimmten Stichflamme noch einer kleinen Weingeistflamme, hält diese an das Thermometergefäß, bis das Quecksilber die äußerste Spitze erreicht hat. In dem Augenblick, wo dieses Statt findet, entfernt man die Weingeistflamme und fährt mit der Spitze der Röhre in die Stichflamme, die alsogleich die Röhre schließt, und falls man sie länger darein hält, auch das ganze ausgezogene Röhrchen in eine kleine Kugel zusammenlaufen macht. Man hat bei dieser Arbeit vorzüglich darauf zu sehen, daß ja beim Ausziehen der Röhre die Oeffnung nicht verloren gehe. Enge Röhren schmelzen leicht ganz zu, wenn man sie ins Feuer bringt, um sie in eine feine Spitze auszuziehen und werden dann durch die Ausdehnung des Quecksilbers zerrissen. Man beugt diesem Uebel leicht vor, wenn man die Röhre nicht eher in eine Spitze auszieht, als bis sie oben geschlossen ist; allein dann muß man nachher von dieser Spitze ein kleines Stückchen abbrechen, um wieder eine Oeffnung zu bekommen.

Die Bestimmung des **Fundamentalabstandes** oder des Eis- und Siedpunktes geschieht, wie folgt. Den Eispunkt bestimmt man entweder mittels Eis oder Schnee. Letzterer verdient vor ersterem den Vorzug, ist aber nicht immer zu haben. Ist man genöthigt Eis zu wählen, so muß man es durch Zerstoßen der Schneeform näher bringen und dadurch brauchbar machen. Aber sowohl Schnee als Eis haben nur in dem Zustande eine constante, mithin zur Bestimmung des Eispunktes brauchbare Temperatur, wo sie anfangen zu schmelzen, und zwar bis zu dem Zeitpunkt, wo sie mit Wasser durchzogen sind. In einem Zimmer, dessen Temperatur nur 5—6° über dem Eispunkte liegt, braucht es eine geraume Zeit, bis der Schnee oder das Eis die genannte Umwandlung erlitten hat und man kann innerhalb derselben leicht mehre Thermometer bestimmen; bei einer höheren Temperatur geht dieses schneller vor sich. Die Natur des Gefäßes, die Eis- oder Schneemasse, der Barometerstand, die Temperatur des Arbeitsortes haben auf

den Eispunkt keinen Einfluß. Bei der Bestimmung des Eispunktes hängt man nun das Thermometer in Schnee oder Eis und läßt es so lange darin, bis sich die Quecksilbersäule nicht mehr ändert und der Schnee die zur beabsichtigten Wirkung geeignete Beschaffenheit hat. Sobald seine Schmelzung bis zur Thermometerkugel vorgerückt ist, welches man am leichtesten aus dem Durchscheinendwerden der Eiskörner in der Nähe derselben erkennt, muß die Beobachtung eingestellt werden. — Bei der Bestimmung des Siedpunktes hat man alle Umstände zu berücksichtigen, die auf ihn Einfluß haben, nämlich die Reinheit des Wassers, den Luftdruck, die Natur des Gefäßes und die Tiefe der siedenden Wasserschichten unter der Oberfläche, wo sich die Kugel befindet. Baumgartner bemerkt, er bediene sich mit Vortheil eines Gefäßes, von der Gestalt (Fig. 340.). A ist ein blecherner Tiegel, B eine Röhre, die mit der Axe des Tiegels einen etwas stumpfen Winkel bildet. Füllt man, nachdem das Thermometer in A mit der Kugel und in B mit der Röhre gelegt und in letzterer mittels eines Korkstöpsels C luftdicht befestigt worden ist, so viel destillirtes Wasser nach A, daß etwas mehr als die halbe Kugel des Thermometers darin getaucht ist, so ist alles am rechten Platze, indem immer ungefähr die eine Hälfte der Kugel im kochenden Wasser, die andere in Wasserdampf getaucht ist, sie mag groß oder klein sein und der ganze übrige Theil der Röhre, beinahe so weit das Quecksilber reicht, von Dämpfen umgeben ist, die erst gegen das Ende der Röhre B durch einen verticalen, röhrenförmigen Ansatz ihren Ausgang finden. Uebrigens findet man durch eine einzige Beobachtung die Lage des Siedpunktes nie scharf genug. Es ist dazu eine Reihe solcher schnell hinter einander folgenden Beobachtungen nöthig, aus denen, wenn sie eine Verschiedenheit im Resultate geben, das Mittel genommen werden muß. Man braucht dasselbe Gefäß, womit man den Siedpunkt bestimmt, auch mit Vortheil zur Bestimmung des Eispunktes und hat da nicht zu besorgen, daß er zu hoch zu stehen komme, wie es bei dem gewöhnlichen Verfahren geschieht, wo stets ein Theil der Quecksilbersäule sich außerhalb des Eises befindet und daher eine zu hohe Temperatur hat. Es ist klar, daß man, falls obiges Gefäß auch zu diesem Zwecke gebraucht wird, nicht blos den Tiegel A, sondern auch die Röhre B mit klein zerstoßenem Eis anfüllen muß. — Man thut übrigens gut, wenn man zuerst den Siedpunkt und hierauf, aber sogleich, den Eispunkt bestimmt, und jeden vorläufig mit etwas Tusche oder mit in Weingeist aufgelöstem Siegellack anmerkt. Die Bezeichnung mittels eines feinen Fadens, wie sie gewöhnlich zu geschehen pflegt, ist nicht anzurathen, theils weil der Faden leicht verschoben wird, theils weil er bei dem Hin- und Herschieben, das er erleiden muß, bis er an den rechten Platze kommt, leicht eine gegen die Axe der Röhre schiefe Lage erhält und daher Irrthum veranlaßt, theils weil er wegen seiner selten ganz gleichförmigen Dicke keine scharfe Bestimmung eines Punktes gestattet. Manche Künstler merken die Fundamentalpunkte mittels eines Feilstriches an. Allein so sehr man auch dadurch gegen eine etwaige Verrückung gesichert ist, so ist diese Methode doch bei Thermometern nicht anzurathen, die einem starken Wechsel der Temperatur schnell aus-

gesetzt werden müssen, weil sie an den so bezeichneten Stellen leicht abspringen. Bei Instrumenten, welche zu sehr genauen Untersuchungen tauglich sein sollen, geben aber alle diese Mittel keine hinreichende Genauigkeit. Da ist es unerläßlich an der Thermometerröhre, eine in sehr kleine, übrigens in beliebige Theile abgetheilte Silberscale vorläufig zu befestigen und an ihr den Stand des Quecksilbers sowohl bei der Bestimmung des Sied- als des Eispunktes abzulesen und anzumerken. — Man hat in neuerer Zeit vielfach den Punkt besprochen, ob ein luftleeres Thermometer nicht durch den äußeren Luftdruck eine Aenderung der inneren Capacität erleide, wodurch die Fundamentalpunkte verrückt und die Anzeige solcher Instrumente unrichtig würden. Bellani hat zuerst gefunden, daß der möglichst genau bestimmte Eispunkt nach etwa einem Jahre dem Siedpunkte näher gerückt erscheine und glaubte die Ursache dieser Erscheinung in der gewaltsamen Ausdehnung des Glases zu finden, die es beim Füllen des Thermometers erleidet, welche Ausdehnung sich erst nach Langem wieder verliert und das natürliche Volumen zurückkehren läßt.

Flaugergues fand aber, daß nur luftleere und geschlossene Instrumente dieser Veränderung unterliegen, woraus zugleich folgt, daß Bellani's Ansicht irrig sei. Mehre deutsche und französische Physiker, wie Yelin, Marcet uud La Rive, haben dasselbe gefunden. Neuestens hat R. von Bürg an den von ihm selbst mit besonderer Sorgfalt verfertigten, ungemein empfindlichen Thermometern die Eispunkte, welche vor 10 bis 12 Jahren bestimmt worden waren, untersucht, und sie ohne Ausnahme um $\frac{1^\circ}{4}$ bis $\frac{1^\circ}{3}$ Réaumur zu hoch gefunden, bis auf ein Instrument, das nicht luftleer war, an welchem auch der Eispunkt am rechten Platze sich befand. Die Ursache dieser Verrückung des Eispunktes liegt also ohne Zweifel darin, daß durch den äußeren Luftdruck die Capacität der Kugel vermindert wird. Anfangs wirkt diesem die Elasticität des Glases entgegen, allein mit der Zeit vermindert sich diese Kraft und die Wirkung des Luftdruckes tritt sichtbar ein. Darum soll man genaue Thermometer entweder gar nicht luftleer machen, oder ihren Eispunkt von Zeit zu Zeit wieder bestimmen. Da sich in offenen Thermometern das Quecksilber leicht oxidirt, oder von Staub verunreinigt wird, ja ein solches bei weitem nicht so leicht ohne Schaden transportirt werden kann, als ein geschlossenes; so ist es immer räthlicher, das zweite Mittel zu wählen und es insbesondere vor jeder genauen Untersuchung, die man mittels des Thermometers anstellen will, anzuwenden. Egen hat bei einer sehr genauen Untersuchung über Thermometer noch eine andere Verrückung des Eispunktes entdeckt, welche eintritt, so oft man das Instrument stark erhitzt und die in einer Depression des Eispunktes besteht, mithin bei der Bestimmung des Siedpunktes stets eintritt. Diese Verrückung ist bei verschiedenen Instrumenten und einerlei Erhitzung verschieden, sie betrug bei Egen's Versuchen im Maximo 0°,203, im Minimo 0°,007. Oftmaliges, schnell hinter einander erfolgendes Erhitzen wirkt auch stärker als einmaliges, jedoch beträgt die Verrückung bei jeder folgenden Erhitzung immer weniger.

Längere oder kürzere Dauer der Erwärmung macht keinen Unterschied in dieser Wirkung, bei langsamen Erkalten ist die Verrückung des Eispunktes sehr gering. Auf diese Verrückung muß man bei der Bestimmung des Siedpunktes stets Rücksicht nehmen.

Nach Bestimmung des Fundamentalabstandes kommt die Reihe an die Verfertigung und Theilung der Scalen. Zur letzteren Arbeit bedient man sich meistens einer Theilmaschine. Wiewohl es deren sehr viele giebt, so dürfte doch wohl keine bequemer seyn, und schneller eine so richtige Abtheilung bewirken, als die in Fig. 341. abgebildete. AB ist ein zwei Fuß langes, zwei Zoll breites und etwa ein halb Zoll dickes vierkantiges Bret, wie ein Lineal, das zu beiden Seiten links und rechts Messingplatten hat. Auf einer Seite befinden sich Schrauben a und b, um ein messingenes Lineal, das eine in beliebige, aber gleich große Theile getheilte Scale trägt und das man auf AB legt und an den hervorstehenden Rand cd anstemmt, festklemmen zu können. Die genannte Scale ist gleichsam der Etalon, nach welchem alle anderen getheilt werden und es ist gut, deren mehre mit größeren und kleineren Abtheilungen in Bereitschaft zu haben. In B ist AB mittels eines Charniers mit einem anderen Lineale BC verbunden. Der Winkel ABC läßt sich vergrößern und verkleinern und in jeder Größe mittels des Bogens D unverändert erhalten, welcher Bogen mit AB fest vereinigt ist, auf dem BC sich verschieben läßt und der mittels einer an der unteren Seite von BC angebrachten Stellschraube befestigt werden kann. Beide Lineale ruhen auf drei etwa zwei Zoll hohen Füßchen. Außer den bereits genannten Stücken gehört zu diesem Theilapparate auch noch eine Art Winkelhaken EFG mit veränderlichem Winkel. Der Schenkel EF hat an der unteren Fläche der Länge nach einen Einschnitt, in welchen der hervorragende Rand cd des Stückes AB genau paßt, und in welchem EF längst AB verschoben werden kann, ohne eine Seitenbewegung annehmen zu können, dann ein hervorstehendes Plättchen H mit einer feinen auf EF senkrechten Linie. Das Lineal G muß wenigstens 30 Z. lang sein, es ragt daher weit über BC hinaus, wenn EF auf cd gelegt ist. Damit es sich nicht biege, hat es am Ende einen kleinen Fuß mit einer leicht beweglichen Frictionsrolle. Will man nun mit diesem Instrumente eine Thermometerscale theilen, so befestige man das Scalen-Material mit bezeichneten Fundamentalpunkten auf BC, lege EF auf AB so, daß die Fuge auf den Rand cd passet und ändere den Winkel, welchen IG mit CF macht, so, daß IG auf CB senkrecht steht, verschiebe CF, bis IG dem einen Fundamentalpunkt der Scale entspricht, lege eine Hilfsscale auf AB so, daß ihr 0ter Theilstrich mit der Linie H zusammenfällt und klemme sie dann mittels der Schrauben ab fest. Hierauf verschiebe man EF, bis IG den zweiten Fundamentalpunkt abschneidet und sehe, welcher Punkt der Hilfsscale der Linie H entspricht. Trifft es sich, daß dieser gerade der 80ste, oder 100ste oder mte Theilstrich ist, so ist alles in Ordnung, falls man den Fundamentalabstand in 80, 100 oder m Theile theilen will. Man braucht dann nur EF um so viel weiter zu rücken, daß H von Theilstrich zu Theilstrich geht und bei jedem Stande, wo H ei-

nem Striche der Hilfsscale entspricht, mittels eines Instrumentes auf der abzutheilenden Scale längst IG einen Theilstrich zu ziehen. Findet aber obige Uebereinstimmung nicht Statt, so muß man den Winkel ABC so lange ändern und immer wieder IG senkrecht auf CB stellen, bis sie erreicht ist. Ein etwas geübter Künstler vollendet diese Arbeit nebst der Theilung, bei einem gewöhnlichen Thermometer in weniger als einer Stunde.

Das hier angegebene Verfahren setzt voraus, daß der Siedpunkt durch eine Reihe von Beobachtungen bestimmt worden ist, bei denen der Normalluftdruck Statt gefunden hat, als welchen man am zweckmäßigsten nach Egens Vorschlag und der Bestimmung mehrer achtbaren Gelehrten 0,76 Meter nimmt. Herrscht bei der Bestimmung dieses Punktes ein anderer Luftdruck, so muß man den Fundamentalabstand vor der wirklichen Theilung corrigiren. Bei Thermometern, die keine besondere Genauigkeit haben dürfen, geschieht dieses dadurch, daß man den Fundamentalabstand für jeden Millimeter, um welchen das Barometer über 0,76 M steht, um 0,000352 vermindert, oder wenn er sich darunter befindet, vermehrt. Soll eine große Schärfe erlangt werden, so muß man bei jedem Thermometer die Verrückung des Siedpunktes, die eine bestimmte Änderung des Luftdruckes erzeugt, dadurch bestimmen, daß man die Lage des Siedpunktes durch mehre bei verschiedenem Luftdrucke statthabende Beobachtungsreihen ausmittelt. Hat man diese Veränderung gefunden, so kann man die deßhalb nothwendige Correction des Fundamentalstandes mit derselben Theilmaschine anbringen, von welcher vorhin die Rede war. Man verfährt nämlich mit dem unmittelbar gefundenen Fundamentalabstande so, als wollte man ihn in 100 gleiche Theile theilen, und findet so $\frac{1}{100}$ desselben. Diese Größe theilt man mittels des Augenmaßes oder mittels eines Zirkels leicht in so viele Theile, als die Correction fordert, und bestimmt so das Stück dieses Abstandes, um das er vergrößert oder verkleinert werden muß. Hat man den corrigirten Siedpunkt gefunden, so beginnt man das Geschäft der Theilung von Neuem, wie vorhin gelehrt wurde. Wie die Scale weiter ausgefertigt und mit dem Instrumente zu einem Ganzen verbunden wird, sieht ohnehin Jedermann leicht ein. Es ist darum gar nicht nöthig mehr darüber zu sagen. Die bisher besprochene Weise, Thermometer zu verfertigen, setzt Röhren voraus, welche der ganzen Länge nach gleich weit sind; man ist aber manchmal gezwungen, ungleich weite Röhren zu Thermometern zu verwenden, und muß deßhalb einige Punkte im bisher angegebenen Verfahren abändern und sich einer ziemlich mühsamen Arbeit unterziehen, für die man aber dadurch reichlich belohnt wird, daß man besonders gute Instrumente erhält. Diese Arbeit besteht in der Bestimmung der Länge solcher Röhrenstücke, die bei ungleicher Weite doch ein gleiches inneres Volumen haben und wird nach der von Gay-Lussac zuerst angegebenen, von Körner vereinfachten Methode folgender Maßen vollzogen: Man verfertige sich einen Maßstab AB (Fig. 342.), der in beliebige aber gleich große Theile getheilt ist und einen Nonius hat, der noch Theile von etwa $\frac{1}{1000}$ Z. genau mißt, befestige ihn an ein Bret und bringe daneben die Glasröhre CD

an, deren innerer Raum in Theile von gleichem Inhalte getheilt werden soll. An diese Röhre wird eine kleine Pumpe E luftdicht befestigt, die mit einem Wechselhahne C versehen ist. Man bringe durch Zurückziehen des Kolbens der Pumpe eine Quecksilbersäule ab in die Röhre, deren Länge so gering ist, daß man sie für cylindrisch halten kann, bezeichne das Ende a derselben mit einem feinen Feilenstriche oder auf irgend eine andere Weise, messe ab sehr genau mittels des Nonius und verzeichne diese Länge in einem eigenen Register. Hierauf ziehe man den Pumpenkolben von Neuem zurück, damit die Quecksilbersäule genau um ihre ganze Länge fortrücke und der Punkt a nach b falle. Gesetzt, sie habe hier die Länge bc die von ab verschieden sein kann. Man messe nun bc, notire den gefundenen Werth, verschiebe den Pumpenkolben von Neuem, damit das Quecksilber von bc in die Lage cd versetzt werde, messe cd wieder und fahre so fort, bis die Säule durch ein Röhrenstück getrieben worden ist, dessen Länge dem zu verfertigenden Thermometer gleich ist. Kommt man in der Zwischenzeit mit dem Kolben ans Ende, so dreht man den Wechselhahn, damit die in der Pumpe enthaltene Luft mit der äußeren communicire, drückt den Kolben hinab, damit die Luft ausgetrieben werde und stellt wieder die erste Communication her. Ist diese Operation durch die ganze Röhre vollzogen, so bläst man die Kugel an die Röhre so, daß a nahe an ihr liegt, füllt sie u. s. w., bestimmt den Eis- und Siedpunkt und merkt jeden derselben an der Röhre an. Hierauf zeichnet man eine Scale genau so, daß ihre Theilstriche mit dem früher an der Röhre bestimmten Punkten a, b, c, d u. s. w. zusammenfallen, bezeichnet a mit 0, die folgenden aber mit den natürlichen Zahlen 1, 2, 3 u. s. w., ohne auf den Eis- oder Siedpunkt Rücksicht zu nehmen, und bringt diese Scale an der Röhre gehörig an. Kommen die Theilstriche weit genug von einander zu stehen, so kann man jeden Grad in mehre gleiche Theile theilen, und allenfalls jeden solchen Theil als Ganzes gelten lassen, so daß, wenn z. B. ab in fünf Theile getheilt würde, zu b die Zahl 5 zu stehen käme. Man sieht leicht ein, daß man auf diese Weise den Fundamentalabstand nicht nach einer der bekannten Scalen abgetheilt erhält, sondern daß dieses eine ganz besondere Scale ist, die man erst auf die Celsische, Réaumursche u. s. w. reduciren muß. Die Reduction wird wie jede andere vollzogen. Man sieht nämlich, wie viele Grade der künstlichen Scale zwischen den Eis- und Siedpunkt fallen, wobei natürlich auch Bruchtheile von Graden vorkommen und vergleicht sie mit der Anzahl Grade, die von einer der gewöhnlichen Scalen in den Fundamentalabstand fallen. Hat man z. B. an der künstlichen Scale zwischen dem Eis- und Siedpunkte N Grade, so entsprechen n solche Grade $\frac{100\ n}{N}$ der Celsischen Scale. Es ist klar, daß man sich die Grade solcher Scalen ein für alle Mal berechnen und wohl auch die Scale so bezeichnen kann, daß keine weitere Reduction mehr nöthig ist. **Baumgartner** bemerkt noch, er kürze sich diese ganze Arbeit bedeutend ab, indem er statt des vorhinerwähnten Körnerschen Apparats den im Art. **Maß** S. 632. beschriebenen Comparator anwendet, wobei die an des-

sen Nonius angebrachte Loupe besonders gute Dienste leistet. Bringt man längst des Maßstabes die Röhre mit der Pumpe an, und neben dieser die zur Scale bestimmte Messingschiene oder den Papierstreifen, so kann man alsogleich, so wie der Faden der Loupe dem Endpunkte der Quecksilbersäule entspricht, mit dem Reißer auf der Schiene oder dem Papier eine Linie ziehen und so unter einem die Scale verzeichnen, ohne die Länge der Quecksilbersäule an verschiedenen Stellen am Maßstabe abzulesen. *)

---

*) Rudberg und Svanberg haben sich folgender Methode zur Bestimmung des ungleichen Kalibers der Röhren bedient. Diese Methode zur Kalibrirung der Röhre eignet sich gleich gut auf enge und weite Röhren. Sie setzt nichts weiter voraus, als die Möglichkeit, in der Röhre Quecksilbersäulen von verschiedener Länge hin und her zu führen, welche, wenn man den Raum zwischen dem Sied- und Frostpunkt zur Einheit nimmt, ihren Volumen nach in einer der beiden folgenden Reihen enthalten sind: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{5}{12}$, $\frac{9}{24}$, $\frac{17}{48}$, u. s. w. $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{9}{32}$, u. s. w. — Man sieht dann leicht ein, daß die Einheit des Volumens nach einander entweder in 2, 3, 6, 12, 48 u. s. w. oder in 2, 4, 8, 16, 32 u. s. w. gleiche Theile getheilt werden kann. Wählt man z. B. die erstere Reihe, so erhält man, nach Bestimmung der Hälfte der Einheit, sowohl deren Drittel, als Sechstel, durch Absonderung einer Säule, welche sehr nahe ein Drittel einnimmt. Man bringt das eine Ende dieser Säule auf 0°, merkt sich wo das andere Ende zu stehen kommt und schiebt nun das zuvor auf 0° befindliche Ende nach diesem Punkt. Man erhält dadurch zwei Drittel der Länge plus oder minus einer unbekannten Größe, um welche die Quecksilbersäule größer oder kleiner ist als das richtige Drittel. Diese unbekannte Größe findet man, wenn man das eine Ende der Säule auf 100° bringt und sich darauf die Stelle des andern Endes merkt. Der Abstand zwischen dieser und der zuvor gefundenen Stelle, getheilt in drei Theile, ist die gesuchte Größe. Da man nun den Werth der Quecksilbersäule in Graden kennt, so hat man die Punkte $33°\frac{1}{3}$ und $66°\frac{2}{3}$. Legt man nun die Säule vom Grade 50 aus successiv nach beiden Seiten, so erhält man die beiden übrigen Sechstel entsprechend den Punkten $16°\frac{2}{3}$ und $83°\frac{1}{3}$. — Um die Zwölftel zu erhalten, nimmt man eine Säule, die möglichst nahe $\frac{5}{12}$ einnimmt. Das Doppelte dieser Länge ist $\frac{10}{12} \pm x$, und wenn man diesen Werth mit dem zuvor für $\frac{5}{6}$ gefundenen vergleicht, so bekommt man x oder die Länge der Säule in Graden. Auf diese Weise werden alle Zwölftel bestimmt. Durch weitere Fortsetzung dieses Verfahrens mit Säulen von $\frac{9}{24}$ und $\frac{17}{48}$ erhält man die Einheit getheilt in Vierundzwanzigstel und Achtundvierzigstel. — Die Genauigkeit dieser Operationen hängt von der ab, mit welcher man die Quecksilbersäule verlängern oder verkürzen, und so auf die gewünschte Größe bringen kann. Dieß glückte ziemlich gut auf folgende Weise. — Ein 48 Centimeter langes Messinglineal wurde mit einer Theilung auf Silber versehen. Längs diesem Lineal bewegte sich auf einem Schlitten ein dreimal vergrößerndes Mikroskop, mit welchem man zugleich das Ende der Quecksilbersäule und die demselben entsprechenden Punkte der Scale sehen konnte. Diese Thei-

Bei der **Verfertigung der Weingeistthermometer** wird im Allgemeinen so verfahren, wie bei Quecksilberthermometern; nur in Wenigem weichen beide Verfahren von einander ab. Schon bei der Auswahl der Röhren muß man wissen, daß sich Weingeist bei demselben Temperaturwechsel stärker ausdehnt als Quecksilber, und daß daher für dieselbe Empfindlichkeit weitere Röhren gebraucht werden können, ohne ihnen größere Gefäße geben zu dürfen. Ferner muß der Weingeist, der stets hinreichend concentrirt sein soll, gefärbt werden, damit man seinen Stand desto leichter wahrnehmen kann. Am dauerhaftesten geschieht dieß mit Saffran, wiewohl man dadurch keine besonders schöne Farbe zu Stande bringt. Die Färbung mit Ochsenzunge ist nicht zu empfehlen, weil diese Farbe im Sonnenlichte schwarz wird. Für jeden Fall ist es nothwendig darauf zu sehen, daß man nicht frisch gefärbten Weingeist wählt, weil dieser meistens noch etwas in der Kugel der Röhre absetzt. Das Füllen mit Weingeist geht leichter vor sich, als das mit Quecksilber, allein wenn man die Röhre luftleer gemacht hat, so steigen oft lange Zeit hindurch noch aus dem Weingeiste Blasen auf, die entfernt werden sollen. Darum muß man manchmal die Röhre wieder öffnen, und sie von Neuem luftleer machen. Bei der Bestimmung des Eispunktes muß man recht wohl darauf sehen, daß man ihn nicht zu tief anmerke. Dieses geschieht gar leicht, wenn man zur Bestimmung desselben schreitet, ohne zuvor das Thermometer in einer dem Eispunkte nahen Temperatur in aufrechter Stellung einige Stunden stehen zu lassen. Vernachlässigt man nämlich letztere Vorsicht und tauchet die Röhre schnell in Eis, so bleibt hinter der sinkenden Weingeistsäule etwas Flüssikeit an der Röhrenwand hängen, und fehlt dann an der Länge der Säule. Ein luftleeres Weingeistthermometer erträgt oft die Siedhitze des Wassers, weil sich im luftleeren Raume oberhalb des Weingeistes Dünste erzeugen, die durch ihren Druck den Siedepunkt des Weingeistes erhöhen.

---

lung gab 0,15 eines Millimeters. Hieran konnten die Fünftel mit ziemlicher Sicherheit geschätzt, und so die Länge der Quecksilbersäule mit gleicher Sicherheit bis auf drei Huntertel eines Millimeters gemessen werden. — Wenn man die Quecksilbersäule bei ihrer Theilung nicht sogleich von der rechten Länge erhält, so läßt man sie langsam gegen den abgesonderten Theil vorrücken. Es geschieht dann oft, oder fast immer, daß das Quecksilber nicht querüber zusammenhaftet, sondern auf der einen Seite eine ganz kleine Blase übrig läßt, welche sich nicht verschiebt, sondern das Quecksilber vorbeigehen läßt. Paßt man dann auf, wenn der Abstand zwischen dem Ende der Säule und der kleinen Blase die gewünschte Länge hat, und neigt man dann die Röhre, so trennt sich das Quecksilber an der Stelle der Blase, und man erhält die Säule von der erforderlichen Länge, wenigstens so weit, daß sie von ihr nicht mehr als zwei bis drei Abtheilungen der Scale abweicht. Auf diese Weise kann man ein Thermometer, dessen Grade eine Länge von zwei Millimetern besitzen, bis auf 0,2 Grad mit Sicherheit theilen.

Ein Weingeistthermometer kann nur an den zwei unmittelbar bestimmten Punkten mit einem Quecksilberthermometer übereinstimmen, in den andern Theilen der Scale weichen beide von einander ab, weil sich nicht beide Flüssigkeiten nach demselben Gesetze ausdehnen.*) Wildt, de Luc, Luz u. s. w. haben diese beiden Instrumente mit einander verglichen und die Resultate gefunden, welche die nachfolgende Tabelle enthält.

---

*) Ueber die richtige Construction von Weingeistthermometern finden sich in Fechners Repertorium folgende Bemerkungen. Nach den (im Art. Ausdehnung S. 120.) mitgetheilten Resultaten über die Ausdehnung des absoluten Alkohols (bloß solcher ist zu Weingeistthermometern tauglich, da wässeriger Weingeist eine ganz unregelmäßige Ausdehnung hat) durch die Wärme ergeben sich für die Construction von Weingeistthermometern folgende Bestimmungen. Wenn das Volumen des Alkohols bei 0° C. = 1 gesetzt wird, so ist es mit Weglassung der höhern Decimalstellen bei 1° = 1,00099, welches von 1,001 um eine unmeßbare Größe abweicht; bei 2° ist dasselbe = 1,00199 und es wächst also hier genau um 0,001, und eben so bei 3°, indem es hier = 1,00299 ist. Setzt man also ohne Rücksicht auf die verschwindenden Differenzen der höheren Decimalstellen 0,00099 = 0,001; 0,00199 = 0,002 und 0,00299 = 0,003, so wächst das Volumen für 1° C. um 0,001 der Einheit, und dieses geht in Beziehung auf nicht mehr als drei Decimalstellen regelmäßig fort bis 24°, wo das Volumen um 0,025 vermehrt ist. Wird dieser Unterschied bei einem empirisch graduirten Thermometer (— die empirische Graduirung geschieht bekanntlich so, daß der Verfertiger auf der Scale des Weingeistthermometers durch Vergleichung mit einem sorgfältig geprüften Normalquecksilberthermometer das Intervall zwischen etwa 0° und 40 oder 50° C. bezeichnet und durch Unterabtheilung dieses Intervalles in gleiche Theile die Grade des Instrumentes bestimmt —) auf alle durchlaufenen Grade vertheilt, so beträgt er für jeden einzelnen Grad $\frac{1}{24}$stel oder ungefähr 0,05 eines Grades, eine auf gewöhnliche Weise nicht wahrnehmbare Größe. Hieraus ergibt sich also, daß ein solches Weingeistthermometer bis mindestens 25° C. mit einem Quecksilberthermometer völlig zu harmoniren scheinen kann. Wäre ein Weingeistthermometer bis zu 70° C. nach der Voraussetzung einer von 0° an gleichförmig erfolgenden Ausdehnung graduirt, und würde hierbei für 1° C. die bei niederen Graden wirklich genaue Ausdehnung = 0,001 des bei 0° stattfindenden Volumens zu Grunde gelegt, so würde das Weingeistthermometer 54°,4 zeigen, während das Quecksilberthermometer bloß 50° zeigte, und 79°,3 zeigen, während das Quecksilberthermometer bloß 70° zeigte. Ein für niedere Grade über 0° richtig graduirtes Weingeistthermometer muß daher weiter hinauf viel zu hohe Anzeigen geben. — Für die Grade unter dem Gefrierpunkte des Wassers muß eine ähnliche Abweichung stattfinden, und hier ist sie ungleich wichtiger, weil die Weingeistthermometer ganz eigentlich zur Bestimmung hoher Kältegrade benutzt werden. Wird also für — 1° C. die

Grade des Quecksilberthermometers. R.	Uebereinstimmende Grade des Weingeistherm.			Grade des Quecksilberthermometers. R.	Uebereinstimmende Grade des Weingeistherm.		
	nach Wildt.	nach de Luc.	nach Luz.		nach Wildt.	nach de Luc.	nach Luz.
80	80,00	—	80,00	15	12,14	12,20	12,20
75	73,90	73,80	73,80	10	7,95	7,90	7,90
70	67,95	67,80	67,80	5	3,90	3,90	3,90
65	62,14	61,90	61,90	0	0,00	0,00	0,00
60	56,48	56,20	56,10	— 5	3,75	—	3,9
55	50,97	50,70	50,40	10	7,36	—	7,6
50	45,60	45,30	44,90	15	10,82	—	11,2
45	40,38	40,20	39,60	20	14,13	—	14,5
40	35,31	35,10	34,70	25	17,30	—	—
35	30,38	30,30	29,90	30	20,32	—	—
30	25,60	25,60	25,30	35	23,19	—	—
25	20,97	21,00	20,90	40	25,92	—	—
20	16,48	16,50	16,50	45	28,50	—	—

Volumensänderung = 0,001 angenommen, so muß das Volumen, dieses bei 0° C. = 1 gesetzt, = 1 — 0,001 = 0,9990 werden, welches merklich genau mit dem Werthe der Tabelle für Weingeist übereinstimmt, doch ist die Verminderung etwas geringer, indem das Volumen nach der Tabelle 0,99901340 ist. Wird dieser Unterschied vernachlässigt, also unter der Voraussetzung, daß die Theilung der Scale nach den Graden nahe über dem Gefrierpunkte des Wassers gemacht wäre, wo sie sehr genau 0,001 des Volumens für 1° C. betragen würde, so müßte unter Voraussetzung einer gleichmäßigen Zusammenziehung des Alkohols dieß Volumen bei — 50° C. genau 1 — 0,05, also 0,95 betragen. Statt dessen aber gibt die Tabelle, mit Weglassung der höheren Decimalstellen, 0,965 und da die Grade der Scale der Volumensverminderung parallel gehen, so folgt, daß die Temperatur 51°,5 C. betragen muß, wenn das Weingeistthermometer 50° zeigt. Wäre aber ein solches Weingeistthermometer auf diese Weise graduirt, daß man den Stand des Weingeistes bei 0° C. und bei + 50° C. (des Quecksilberthermometers) beobachtete und die hiernach bestimmte Länge der Scale für 50° auf den unter 0° C. liegenden Theil derselben aufgetragen hätte, wie es gewöhnlich bei empirischer Graduirung derselben geschieht, so kämen zu jenen 1°,5 noch 5°,4 und die wahre Temperatur würde also — 56°,9 C. sein, wenn die Scale — 50° zeigte. Hieraus ergibt sich von selbst, daß Weingeistthermometer, welche auf die gewöhnliche empirische Weise graduirt sind, weder in den höhern noch den niederen Graden richtig sein können. — Es gibt allerdings Mittel zu einer richtigen Theilung der Scalen für Weingeistthermometer, deren praktische Ausführbarkeit aber großen Schwierigkeiten unterliegt. So könnte man die Zehntel und allenfalls die Hundertstel

Nach diesem Resultate ist folgende Reductionstabelle berechnet.

80 theil. Weingeisttherm.	80 theil. Quecksilbertherm. nach			80 theil. Weingeisttherm.	80 theil. Quecksilbertherm. nach		
	de Luc.	Luz.	Wildt.		de Luc.	Luz.	Wildt.
— 20			— 29,54	+ 1	+ 1,29	+ 1,29	+ 1,29
19			27,86	2	2,57	2,57	2,57
18			26,18	3	3,85	3,85	3,85
17			24,51	4	5,13	5,13	5,13
16			22,92	5	6,38	6,38	6,37
15		— 20,69	21,33	6	7,63	7,63	7,61
14		19,15	19,74	7	8,87	8,87	8,85
13		17,61	18,24	8	10,11	10,11	10,09
12		16,07	16,74	9	11,27	11,27	11,28
11		14,68	15,21	10	12,43	12,43	12,46
10		13,29	13,78	11	13,59	13,59	13,74
9		11,91	12,35	12	14,75	14,75	14,82
8		10,53	10,93	13	15,91	15,91	15,97
7		9,16	9,51	14	17,07	17,07	17,12
6		7,81	8,13	15	18,23	18,17	18,27
5		6,46	6,75	16	19,39	19,32	19,41
4		5,13	5,37	17	20,52	20,47	20,54
3		3,84	4,00	18	21,64	21,62	21,67
2		2,56	2,66	19	22,76	22,77	22,79
1		1,28	1,33	20	23,88	23,92	23,91
0		0,00	0,00	21	25,00	25,07	25,03

der Scalentheile auf einem Maßstabe vermittelst der Transversallinien oder eines Nonius auftragen, und nach der Tabelle die Grade mit Rücksicht auf die stets wachsenden Incremente des Volumens bestimmen. Ungleich schwieriger würde es sein, die der Gleichung für die Ausdehnung des Weingeistes zugehörige Curve für ein zu theilendes Thermometer zu zeichnen und hiernach die Theilung aufzutragen. Es bleibt daher am einfachsten und leichtesten, die genau calibrirten Weingeistthermometer auf folgende Weise empirisch zu theilen. Man bestimme genau den Nullpunkt des zu graduirenden Thermometers und dann den Stand des Weingeistes nach einem geprüften Quecksilber-Normalthermometer von 20 zu 20 Graden oder größerer Genauigkeit halber von 10 zu 10 Graden, und theile die Zwischenräume in gleiche Theile, so wird die Abweichung der Scale von einer absolut richtigen unmerklich sein. Da aber dies Verfahren für die Grade unter dem Gefrierpunkte des Wassers nicht wohl anwendbar ist, so würde es am gerathensten sein, den Stand des Weingeistes bei — 20° C. genau zu bestimmen, die zwischen diesem und dem Gefrierpunkte des Wassers befindliche Länge bis — 40° C. und dann bis — 60° aufzutragen und in gleiche Theile zu theilen, denn in diesem Falle würde die Abweichung von der ab-

80 theil. Weingeisttherm.	80 theil. Quecksilbertherm. nach			80 theil. Weingeisttherm.	80 theil. Quecksilbertherm. nach		
	de Luc.	Luz.	Wildt.		de Luc.	Luz.	Wildt.
+22	+ 26,08	+ 26,22	+ 26,10	+ 42	46,74	+ 47,32	+ 46,48
23	27,15	27,36	27,17	43	47,72	48,25	47,44
24	28,22	28,50	28,23	44	48,69	49,18	48,39
25	29,29	29,64	29,29	45	49,66	50,11	49,34
26	30,37	30,74	30,35	46	50,58	50,00	50,26
27	31,45	31,84	31,41	47	51,49	51,89	51,18
28	32,52	32,93	32,47	48	52,40	52,78	52,10
29	33,59	34,02	33,53	49	53,32	53,67	53,02
30	34,66	35,11	34,59	50	54,24	54,56	53,95
31	35,70	36,15	35,00	51	55,17	55,45	54,88
32	36,75	37,19	36,62	52	56,10	56,34	55,81
33	37,80	38,23	37,63	53	57,03	57,23	56,73
34	38,85	39,27	38,64	54	57,95	58,12	57,65
35	39,89	40,31	39,65	55	58,87	59,01	58,57
36	40,87	41,34	40,64	56	59,79	59,89	59,49
37	41,85	42,37	41,63	57	60,68	60,76	60,38
38	42,83	43,40	42,61	58	61,57	61,63	61,27
39	43,81	44,43	43,59	59	62,46	62,50	62,16
40	44,78	45,45	44,57	60	63,34	63,37	63,05
41	45,76	46,39	45,42	61	64,22	64,24	63,95

solut richtigen Scale beim Gefrierpunkte des Weingeistes nicht mehr als etwa 1° C. betragen. — Ist der Künstler im Besitz einer genauen und hinlänglich feinen Theilmaschine, so läßt sich die Scale mit aller erforderlichen Schärfe auf folgende Weise auftragen. Es sei der Stand des Weingeistes bei 0° und bei 10° C. vollkommen genau bestimmt. Gibt die Maschine, welche mit einer Mikrometerschraube versehen sein möge, für diese Länge der Scale m Umdrehungen, so gehören zu 1 Grade $\frac{m}{10}$ Umdrehungen. Es zeigt aber der Anblick der Tabelle, daß der zehnte Grad um 0,16 der einfachen Volumensvermehrung durch Summirung der Incremente jedes einzelnen der 10 Theile zugenommen hat, wenn die höheren Decimalstellen für die einzelnen Grade vernachlässigt werden. Hiernach geben $\frac{m}{10}(1—0{,}016)$ $= 0{,}984 \frac{m}{10} = n$ Umdrehungen die gesuchte Einheit, womit sich die Theilung für Grade über und unter dem Gefrierpunkte auf folgende Art bewerkstelligen läßt:

Für Grade über 0° C.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
n	(0,99;	2;	3;	4;	5,01;	6,03;	7,06;	8,09;	9,12;	10,15.)....

80 theil. Weingeisttherm.	80 theil. Quecksilbertherm. nach			80 theil. Weingeisttherm.	80 theil. Quecksilbertherm. nach		
	de Luc.	Luz.	Wildt.		de Luc.	Luz.	Wildt.
+62	+ 65,12	+ 65,11	+ 64,85	72	+ 73,39	+ 73,39	+ 73,22
63	65,93	65,93	65,68	73	74,23	74,28	74,07
64	66,74	66,74	66,51	74	75,08	75,03	74,92
65	67,55	67,55	67,34	75	75,90	75,90	75,77
66	68,36	68,36	68,18	76	76,72	76,72	76,62
67	69,18	69,18	69,02	77	77,54	77,54	77,47
68	70,03	70,03	69,86	78	78,36	78,36	78,32
69	70,87	70,88	70,70	79	79,18	79,18	79,16
70	71,71	71,71	71,54	80	80,00	80,00	80,00
71	72,55	72,55	72,38				

Es ist in vielen Fällen nothwendig, die größte und kleinste Temperatur zu kennen, welche innerhalb einer gewissen Zeit eintritt. Zu diesem Zwecke hat man eigene Instrumente, die entweder sowohl das Maximum als das Minimum oder nur eins der beiden angeben, sogenannte Maximum- und Minimumthermometer. Ein derartiges Instrument hat Gay-Lussac angegeben, das in Fig. 343. abgebildet ist. Es besteht aus einer dünnen Glaskugel A, deren Hals bis auf eine sehr kleine Oeffnung geschlossen ist; auf diese Kugel ist eine Glasröhre B aufgekittet. Die ganze Kugel ist mit Wasser oder Al-

---

Für Grade unter 0° C.

— 1° — 2° — 3° — 4° — 5° — 6°....

n (1—0,01; 2—0,03; 3—0,05; 4—0,09; 5—0,13; 6—0,18.)....

und auf gleiche Weise nach der Anleitung der berechneten Tabelle, welche auch namentlich für verneinte Grade leicht noch weiter fortgesetzt werden könnte, wenn man es für diesen Zweck nöthig fände. Es versteht sich von selbst, daß man hierbei allezeit vom Anfangspunkte rechnen muß, so daß also für 10 Grade über 0 im Ganzen 10,16 n, und für 6 Grade unter 0 überhaupt n (6 — 0,18) Umdrehungen gemacht sind. Die Ausdehnung und Zusammenziehung des Glases macht hierbei keine Schwierigkeiten; denn da dieselbe entweder überhaupt oder mindestens innerhalb der hierbei erforderlichen Grenzen merklich gleichmäßig ist, so wird hiernach die Säule des Weingeistes im Rohre des Thermometers bis zu den gemessenen 10 Graden um eben so viel kürzer, als die nächstfolgende von 10° bis zu 20° C. und so fort, so daß also die Correction schon in der ursprünglichen Messung enthalten ist. Noch vollständiger aber läßt sich diese Correction dadurch erhalten, wenn der Künstler die festen Punkte bei 0° und 50° C. bestimmt, und die oben angegebene Methode der Scalentheilung befolgt.

kohol bei einer bestimmten Temperatur, z. B. bei 0° C., ganz angefüllt, die Röhre B hingegen enthält Quecksilber. So wie die Temperatur sinkt, entsteht in der Kugel ein leerer Raum und der äußere Luftdruck preßt so viel Quecksilber hinein, als nöthig ist, diese Leere auszufüllen. Aus der Menge dieses Quecksilbers erkennt man die mindeste Temperatur, welche seit der letzten Beobachtung Statt gefunden hat. Zur genauen Bestimmung derselben sucht man das in der Kugel befindliche Quecksilber wieder heraus zu bringen, und dessen Volumen zu messen. Zu diesem Ende kehrt man die Kugel um, so daß das Quecksilber auf die kleine Oeffnung im Halse derselben zu liegen kommt, und erwärmt sie mit der Hand. Die dadurch bewirkte Ausdehnung der Flüssigkeit treibt das Quecksilber heraus. Gießt man es in eine eigens dazu bestimmte, graduirte Glasröhre, so erkennt man aus dessen Volumen bei einer bestimmten Temperatur das Minimum, dem der Glasballon ausgesetzt war. — Steigt die Temperatur, statt zu sinken, so kommt ein Theil des im Ballon enthaltenen Wassers oder Weingeistes in die Röhre B. Um das Maximum der Temperatur zu erkennen, braucht man hierauf nur den Ballon in jene Temperatur zu versetzen, in welcher die Kugel ganz mit der Flüssigkeit erfüllt war, und die Quecksilbermenge zu bestimmen, welche darauf in die Kugel getrieben wird.*)

Ein anderes in seinem Gebrauche viel einfacheres Instrument zu demselben Zwecke hat Rutherford angegeben. Es besteht aus zwei an derselben Fassung befestigten horizontal liegenden Thermometern a und b (Fig. 344.), deren eines Quecksilber, das andere Weingeist enthält. In der Röhre des Quecksilberthermometers befindet sich ein kleiner Cylinder von Eisen oder Stahl, der sich ohne merkliche Reibung in derselben bewegen kann. Diesen treibt die Quecksilbersäule vor sich hin und läßt ihn an dem höchsten Punkte der Scale liegen, zeigt demnach das Maximum der Temperatur an. In der Röhre des Weingeistthermometers hingegen ist ein solcher Cylinder aus Glas oder Email angebracht, der im Weingeist ganz eingetaucht, schwimmt. Zieht sich der Weingeist zusammen, so nimmt er diesen Zeiger mit sich fort, weil dieser die Oberfläche der flüssigen Säule als nicht so beweglich in ih-

*) Man wird finden, daß sowohl dieses als die meisten der übrigen Maximum- und Minimumthermometer in ihrer Ausführung keineswegs die Einfachheit haben, welche nöthig wäre, wenn sie im Gebrauch bequem und zuverlässig sein solten. Vielleicht könnte man ein derartiges Instrument am einfachsten ausführen, wenn man auf dem Quecksilber eines nach ziemlich großen Dimensionen ausgeführten offenen Thermometers einen Schwimmer anbrächte, der einen Zeiger in Bewegung setzte (wie beim Radbarometer und der Vorrichtung von Landriani, s. d. Art. Barometer S. 157. und 175.) oder mit einer Art von Barometrographen, (s. d. Art. Barometer S. 175.) versehen wäre.

ren Theilen gleichsam nicht durchbohren kann; so wie aber die Weingeistsäule sich verlängert, geht die Flüssigkeit an den Seiten des Cylinders vorbei, und er bleibt an der Stelle, an welcher er sich beim tiefsten Stande dieser Säule befand. Dieser zeigt demnach das Minimum der Temperatur an. Es ist gut, jede der zwei Glasröhren, welche zur Construction dieses Instruments gebraucht werden, in der Nähe der Kugel etwas zusammen zu ziehen, damit die Marke nicht in die Kugel gelangen kann. Die Stahlmarke soll überdieß an der dem Quecksilber zugewendeten Seite spitzig zulaufen, damit sie, wenn sie etwa durch einen Stoß zu tief in das Quecksilber eingesunken ist, leichter wieder herausgebracht werden kann. Uebrigens muß man sich wohl hüten, diese Marke hoch und schnell auf das Quecksilber fallen zu lassen, um dieses Versinken zu vermeiden. Es ist wesentlich, daß dieses Instrument einen nahe horizontalen Stand habe, bei einem verticalen hört es auf, das Maximum und Minimum anzuzeigen. Diesen Umstand hat Blackadder benutzt, um mittels dieses Instrumentes die Temperatur zu jeder Stunde, selbst in Abwesenheit des Beobachters, zu erkennen. Wird das Weingeistthermometer umgekehrt aufgestellt, so bleibt die Glasmarke in der Flüssigkeit schwebend, und folgt dieser beim Steigen und Sinken; wird es in eine horizontale Lage gebracht, so bleibt die Marke an der Stelle liegen, die sie im Augenblicke des Umschlagens einnahm, falls die Weingeistsäule nicht weiter sinkt, in diesem Falle allein würde nach dem Vorhergehenden die Marke auch ihren Platz ändern. Es muß daher das Sinken des Thermometers nach dem Umschlagen verhütet werden. Diesem gemäß stellt Blackadder das umgekehrte Weingeistthermometer über einem Kasten auf, in welchem die Luft mittelst einer Lampe fortwährend wärmer erhalten wird, als die äußere Luft. Nimmt das Thermometer zu einer bestimmten Stunde einen horizontalen Stand an, so geräth dessen Kugel in die erwärmte Luft des Kastens, jedes Sinken der Temperatur hört auf und der Glascylinder bleibt an der Stelle, die er im Augenblicke des Umschlagens einnahm. Es ist wohl kaum nöthig zu erinnern, daß ein solches Thermometer nach jeder Beobachtung nach der Seite der Quecksilberkugel geneigt werden muß, damit beide Marken an die Oberfläche ihrer Flüssigkeit gelangen. Sind beide Thermometer auf einem Brete befestigt, so müssen die Kugeln derselben nach entgegengesetzten Richtungen stehen, damit man beide Marken durch eine Neigung zugleich an den gehörigen Platz bringe, und nicht während der Regulirung der einen die andere wieder verschoben werde.

Ein anderes Instrument zur Bestimmung der Wärmeextreme hat Six angegeben und Bellani verbessert. Es ist in Fig. 345. vorgestellt, und besteht aus einer dreischenkeligen Glasröhre a b c, die an beiden Enden in ein weiteres Gefäß c und d übergeht. Das Gefäß c ist mit Weingeist gefüllt, die Röhre a b c enthält Quecksilber und das Stück über c nebst einem Theil des Gefäßes d wieder Weingeist. Ueber der Quecksilbersäule befinden sich kleine eiserne Marken, die mit einem Haare umwickelt sind, welches eine Art Feder bildet,

mittels der sich jede Marke an die Glaswände anstemmt und zwar vom Quecksilber gehoben werden kann, aber nicht von selbst zu sinken im Stande ist. So wie die Temperatur steigt, sinkt vermöge der stärkeren Ausdehnung des Weingeistes in c, die Quecksilbersäule in a und hebt sich in e, letztere nimmt die Marke mit sich und läßt sie an der höchsten Stelle stehen. Sinkt aber die Temperatur, so steigt das Quecksilber in a, hebt die Marke und läßt sie wieder am höchsten Punkt, den sie erreicht hat, beim Sinken zurück. Demnach zeigt die Marke in e daß Maximum, die in a das Minimum der Temperatur. Mittels eines Magnetes kann man nach jeder Beobachtung die Marken wieder auf die Oberfläche des Quecksilbers zurückführen.

Fig. 346. zeigt das Maximumthermometer von King. Dasselbe stellt ein Doppelthermometer vor, welches aus einer einzigen Röhre verfertigt zu sein scheint. Das eine dieser zwei Thermometer A ist wie ein gewöhnliches Quecksilberthermometer eingerichtet und auch mit einer Scale versehen, wie sie diese Instrumente zu haben pflegen; das zweite hingegen hat eine von jenem verschiedene Einrichtung. Es reicht nämlich die Röhre B in das Quecksilbergefäß H hinein, wie dieses in Fig. 347. zu sehen ist, und läuft in demselben in eine Spitze aus. Diese Röhre enthält nicht wie die erstere Quecksilber, sondern gefärbten Weingeist, der durch eine in E befindliche Luftsäule vom Quecksilber getrennt ist. Das Gefäß H, welches mit G möglichst gleichen Inhalt haben muß, ist bis D mit Quecksilber gefüllt, enthält aber über diesem Luft. — Beim Gebrauche wird dieses Instrument wie ein gewöhnliches Thermometer aufgehängt und so adjustirt, daß die Röhre B bloß Weingeist enthält. Steigt nun die Temperatur, so dehnt sich das Quecksilber im ersten Thermometer aus, wirkt auf die Luft in E und durch diese auf die Weingeistsäule in B. Dadurch tritt ein Theil desselben in das Gefäß H, und steigt wegen seines geringern specif. Gewichtes über das Quecksilber daselbst. Sinkt nun die Temperatur wieder, so gelangt statt des vertriebenen Weingeistes eine proportionirte Quecksilbersäule in die Röhre C, aus deren Länge man abnehmen kann, wie groß die höchste Temperatur war, welcher das Instrument ausgesetzt war. — Um dieses Thermometer wieder zu fernerem Gebrauche einzurichten, berührt man das Gefäß G mit einer warmen Hand, und vertreibt dadurch die Quecksilbersäule aus der Röhre B. Ist dieses erfolgt, so bringt man, ohne die erwärmende Hand zu entfernen, das Instrument in eine geneigte Lage, daß die Spitze C das Quecksilber verläßt, und nunmehr in Weingeist getaucht ist, zieht dann die Hand zurück, läßt das Thermometer die vorige Temperatur annehmen, damit der Weingeist wieder in die Röhre B gezogen werde. Sobald dieses geschehen ist, hängt man das Instrument wieder an seinen Platz, denn nun ist es zu einer fernern Beobachtung des Maximums der Temperatur geeignet. — Man kann den Weingeist auch ganz weglassen, und dafür die Röhre B bloß mit Luft füllen, doch dürfte nach King's Meinung dadurch die Richtigkeit des Instruments leiden, wenn nicht etwa durch Horizontallegen diesem Uebel abgeholfen wird. Auf den ersten Blick scheint dieses Instrument schwer zu verfertigen zu sein; man

kann sich aber die Arbeit bedeutend erleichtern, wenn man jedes der zwei Thermometer für sich verfertigt und sie hierauf in E mit einander verbindet.

Magnus hat ein Maximumthermometer construirt, um damit die Temperatur in großen Tiefen der Erde zu bestimmen, und es daher Erdthermometer oder Geothermometer genannt. Es hat sich in den mit ihm angestellten Versuchen als sehr brauchbar erwiesen. Dieses Instrument (Fig. 348.) besteht aus einem gewöhnlichen Thermometer TA, das oben bei T offen und so getheilt ist, daß sowohl der Nullpunkt desselben, als auch der Punkt T und jeder zwischenliegende Punkt den gleichnamigen Punkten irgend einer der bekannten Thermometerscalen entsprechen, so daß, wenn man dieses Instrument in dieselbe Temperatur mit einem nach derselben Scale getheilten Thermometer bringt, beide dieselbe Anzahl von Graden zeigen. Erwärmt man nun das Instrument bis zu einer Temperatur, die höher ist als T, so wird ein Theil des in ihm enthaltenen Quecksilbers ausfließen, und bringt man es darnach wieder in eine und dieselbe Temperatur mit dem nach derselben Scale getheilten Thermometer (das wir Normalthermometer nennen wollen), so wird es nicht mehr dieselbe, sondern eine niedrigere Anzahl von Graden zeigen, als jenes. Aus der Differenz des Standes, den es wirklich hat und dem, den es haben sollte und der durch das Normalthermometer angezeigt wird, läßt sich leicht die Temperatur finden, bis zu der es erwärmt gewesen. Denn bei diesem Maximum der Temperatur, das wir der Kürze wegen mit x bezeichnen, war das Instrument ganz, d. i. bis T, mit Quecksilber gefüllt; es war daher so viel Quecksilber herausgetreten, daß es nur T° zeigte, während das Normalthermometer x° gezeigt haben würde. Es kommt also eigentlich nur darauf an, diese Differenz $x - T$ zu finden. Diese wird man aber leicht beobachten können, wenn man das Instrument mit dem Normalthermometer in eine Temperatur bringt, die geringer ist als x; denn das Instrument wird dann um so viel unter dem Normalthermometer stehen, als es bei der Temperatur x über demselben gestanden hatte, nämlich um $T - x$, nur daß dieses $T - x$ die gehörigen Correctionen erleiden muß, da es hier nicht bei der Temperatur x, sondern bei einer niedrigern gemessen wird. — Diese Betrachtung macht es auch zugleich anschaulich, daß zur Bestimmung des Maximums der Temperatur keineswegs gerade das ursprüngliche Quecksilbervolumen, nach welchem das Instrument getheilt worden, und das es bei der Temperatur 0° gerade bis Null erfüllt, in demselben vor dem Versuche enthalten zu sein brauche; sondern, daß dieses Quecksilbervolumen größer oder kleiner sein dürfe, wenn es nur hinreichend ist, das Instrument bei der Temperatur x° gänzlich, d. h. bis T, zu füllen. Dieser Umstand aber, daß die Bestimmung des Maximums unabhängig ist von der Quecksilbermenge, die vor dem Versuche in dem Instrumente enthalten gewesen, macht dasselbe eigentlich erst recht anwendbar. Denn man braucht nur dafür zu sorgen, daß es nicht zu wenig Quecksilber enthalte, ohne daß es auf die Quantität ankommt, die man zu dem Ende einführt; und die ganze Beobachtung besteht nur darin, daß man

nach dem Versuche das Instrument mit dem Normalthermometer in eine und dieselbe Temperatur bringt, um den Stand von beiden zu verzeichnen. — Hiezu bedient man sich in Ermangelung einer andern constanten Temperatur, am besten eines Eimers mit frischem Brunnenwasser, der bis zu der Zeit, wo die Thermometer einen unveränderlichen Stand angenommen haben, seine Wärme nicht ändert. Die Vergleichung in der Luft könnte durch unvorsichtige Annäherung des Körpers, oder durch Zug und andere zufällige Umstände leicht einen Irrthum veranlassen. Besonders hat man auch darauf zu achten, daß das Instrument, nachdem es den Ort verlassen hat, dessen Temperatur x es annehmen soll, nicht noch höher erwärmt werde, bevor der Stand desselben mit dem des Normalthermometers verglichen ist. Deßhalb darf man sich bei Bohrlöchern oder verlassenen Schächten nicht blos damit begnügen, die Temperatur der größten Tiefe zu untersuchen, sondern man muß auch die von verschiedenen andern weniger tief liegenden Punkten bestimmen, um sicher zu sein, daß das Instrument sein Maximum nicht in einer geringern Tiefe erreicht habe, als die, bis zu der es herabgelassen worden. — Man sieht leicht ein, daß die Genauigkeit des Instrumentes davon abhängt, daß von dem Quecksilber, das oben bei T durch die Erwärmung heraustritt, beim Erkalten nichts wieder zurückgehe. Dies kann man nur erreichen, wenn man das Thermometerrohr bei T ganz fein auszieht und dann scharf abschneidet. Bei den Instrumenten des Erfinders ist die Oeffnung bei T so fein, daß man sie kaum mit bloßen Augen sehen kann. Damit aber jedes aus derselben hervortretende Quecksilberkügelchen sogleich abfalle, ist die Spitze wie in Fig. 348. so gebogen, daß sie horizontal steht. Die Thermometerröhre selbst hat einen ziemlich weiten innern Durchmesser und der daran geblasene Behälter ist so groß, daß jeder Grad der Scale (Réaumursche) 0,5 Zoll beträgt. Sollte also auch ein Quecksilberkügelchen an der Spitze hängen bleiben, ohne sogleich abzufallen und sich beim Abkühlen wieder in das Thermometerrohr mit hineinziehen, so ist dieß wegen der Feinheit der Oeffnung, durch die es mit dem übrigen Quecksilber zusammenhängt, doch stets so klein, daß es kaum $\frac{1}{20}$ eines solchen Grades beträgt. Uebrigens kann man bei Anfertigung des Instrumentes mit einiger Geschicklichkeit es leicht dahin bringen, daß auch jede noch so geringe Menge Quecksilber sogleich beim Heraustreten abfalle. — Die Feinheit der Oeffnung bei T ist keineswegs ein Hinderniß, um neues Quecksilber einzufüllen, wenn etwa zu viel herausgetreten sein sollte. Man legt zu dem Ende das Instrument horizontal, paßt auf die alsdann vertikal stehende Spitze einen Trichter, in den man einige Tropfen ganz reines und vollkommen trockenes Quecksilber gießt, und erwärmt die Kugel, bis das ganze Rohr mit Quecksilber gefüllt ist; läßt man sie alsdann wieder erkalten, so folgt das Quecksilber aus dem Trichter dem in der Röhre befindlichen bei seiner Zusammenziehung. Als Trichter nimmt der Erfinder einen gewöhnlichen Kork, der oben so vertieft ist, daß er einige Tropfen Quecksilber faßt und unten eine kleine Oeffnung hat, mit der er auf die Spitze bei T aufgepaßt wird. Fig. 349. stellt einen Durchschnitt desselben dar. — Um nun die für die Scale

des Instrumentes nöthigen Punkte zu bestimmen, füllt man dasselbe auf die eben beschriebene Art mit Quecksilber, und bringt es, ohne den Trichter abzunehmen, mit dem Normalthermometer, nach dessen Scale es getheilt werden soll, in eine beliebige, unveränderliche Temperatur T. Wenn man sicher ist, daß dasselbe diese Temperatur angenommen, nimmt man den Trichter mit dem überschüssigen Quecksilber ab und bringt das Instrument zuerst in fein zerstoßenes Eis, um den Nullpunkt desselben zu bestimmen, und darauf mit dem Normalthermometer in verschiedene Temperaturen, die zwischen 0° und T° liegen, um so viele Punkte der Scale als nöthig zu bestimmen. Sind diese Punkte einmal bestimmt, so kommt es nicht mehr darauf an, daß gerade das Quecksilbervolumen, dessen Ausdehnung sie anzeigen (das schon oben das ursprüngliche Quecksilbervolumen genannt worden ist), in dem Instrumente bleibe; man braucht sich daher nun nicht mehr zu scheuen, dasselbe einer Temperatur auszusetzen, die höher ist als T. — Das Zufüllen von Quecksilber wird sehr erschwert, wenn das Thermometerrohr inwendig feucht werden sollte; man muß deßhalb dafür sorgen, daß besonders beim Hinablassen des Instrumentes in Wasser, von diesem nichts durch die Oeffnung bei T eindringen könne. Um dies zu vermeiden, befestigt der Erfinder über die Röhre und die daran befindliche Messingscale eine enge Glasglocke hh Fig. 350., deren oberes verschlossenes Ende die Spitze bei T so nahe als möglich berührt und versieht dieselbe unten mit einer Oeffnung, damit das Wasser, wenn das Instrument in dasselbe hinabgesenkt wird, ungehindert seinen Druck auf die in der Glocke befindliche Luft ausüben könne. Wird diese nun hierdurch auch zusammengedrückt, so kann diese Zusammendrückung doch niemals so weit gehen, daß das Wasser die Oeffnung bei T erreichen könnte. — Der Druck, der in der Tiefe auf das Instrument ausgeübt wird, wirkt auf das Thermometer, sowohl von außen, als auch durch die Oeffnung bei T von innen. Dieser Druck mag daher noch so stark werden, man hat niemals eine Beschädigung des Glases durch denselben zu befürchten. Allein da das Glas und das Quecksilber demselben Drucke ausgesetzt werden, die Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers aber bedeutender als die des Glases ist, so wird um so viel weniger Quecksilber aus der Oeffnung bei T heraustreten, als dieser Unterschied der Zusammendrückbarkeit beträgt. Colladon und Sturm haben diese Größe bestimmt, und gefunden, daß sie für den Druck von einer Atmosphäre 1,75 Milliontheile des angewandten Quecksilbervolumens beträgt. Hieraus kann man leicht berechnen, wie viel Quecksilber zu wenig aus dem Instrumente entwichen ist, und darnach die Beobachtung corrigiren. — Man braucht zwar die Thermometerkugel des Instrumentes nicht größer zu machen, als die eines gewöhnlichen Thermometers, allein die zunehmende Größe derselben, von der auch die Größe der einzelnen Grade der Scale abhängig ist, vermehrt die Genauigkeit, ohne Uebelstände herbeizuführen; da man doch jedenfalls das Instrument so lange an der zu untersuchenden Stelle lassen muß, bis auch die größere Quecksilbermasse die Temperatur derselben vollständig angenommen hat, wozu beiläufig nur etwa eine Viertelstunde erforderlich ist. Allein je

größer die Kugel ist, um so leichter ist sie auch dem Zerbrechen ausgesetzt; man muß daher Sorge tragen, sie gehörig zu verwahren. Dies erreicht der Verfasser dadurch, daß er statt der Kugel einen cylindrischen Quecksilberbehälter wählt und denselben zwischen zwei Messingscheiben ab und cd Fig. 351. einschließt, die durch drei Schrauben ac, bd u. s. w. mit einander verbunden sind; in jede der beiden Scheiben ist eine Korkplatte eingelassen, so daß der Cylinder nur von den Korkplatten berührt wird, in die er etwas versenkt ist. Der obere Kork ist durchbohrt und durch die Oeffnung desselben geht das Rohr des Thermometers. Auf diesem sind die nach dem Normalthermometer bestimmten Punkte mit einem Diamant verzeichnet, damit, wenn man das Instrument auseinander nehmen sollte, man sich immer wieder überzeugen könne, daß diese auch wirklich gerade über den entsprechenden Punkten der Messingscale liegen. Sollte dieses nicht genau der Fall sein, so kann man es leicht dahin bringen, indem man die Schrauben ac, bd u. s. w. ein wenig anzieht oder nachläßt, wodurch die Messingscale, die nur auf die obere Platte cd aufgeschraubt ist, dem Cylinder genähert oder von ihm entfernt wird. Die Platte cd ist bei fg mit einem Schraubengewinde versehen, um auf dieses die Messinghülse h zu schrauben, in welche die Glasglocke hk eingekittet ist. Diese Messinghülse hat eine kleine Oeffnung, damit das Wasser bei vermehrtem Druck ungehindert in die Glocke eintreten könne. — Um nun den genauen Werth von x der gesuchten Temperatur zu finden, so bezeichne man das ursprüngliche Quecksilbervolumen, wonach das Instrument getheilt worden, und das es bei 0° bis zum Nullpunkt füllt, mit V; und das Quecksilbervolumen, das nach dem Versuche in dem Instrumente enthalten ist, gleichfalls bei der Temperatur 0° betrachtet, mit V′; ferner sei t die Temperatur, in welche das Instrument zu Vergleichung mit dem Normalthermometer nach dem Versuche gebracht wird, und t′ die Anzahl von Graden, welche das Instrument bei dieser Temperatur einnimmt; endlich $\frac{1}{\delta}$ die Ausdehnung des Quecksilbers für einen Grad der Scale, nach welcher das Instrument getheilt worden, so hat man folgende Gleichung: $V'\left(1+\frac{t}{\delta}\right) = V\left(t+\frac{t'}{\delta}\right)$, weil das Volumen V′ bei der Temperatur t denselben Raum einnimmt, den V, als das Instrument getheilt wurde, bei der Temperatur t′ einnahm. — Ferner hat man die Gleichung: $V'\left(2+\frac{x}{\delta}\right) = V\left(1+\frac{T}{\delta}\right)$, denn bei der Temperatur x hatte sich V′ so ausgedehnt, daß es das ganze Instrument erfüllte, d. h. denselben Raum einnahm, den V bei der Temperatur T eingenommen. — Dividirt man die obigen Gleichungen durcheinander, so erhält man: $\frac{1+\frac{t}{\delta}}{1+\frac{x}{\delta}} = \frac{1+\frac{t'}{\delta}}{1+\frac{T}{\delta}}$ oder: $\frac{\delta+t}{d+x} = \frac{\delta+t'}{\delta+T}$; woraus sich ergibt: $x = \frac{\delta+T}{\delta+t'}(\delta+t)-\delta$, oder:

$x = \frac{(t - t' + T)\,\delta + t\,T}{\delta + t'}$. — Da Colladon und Sturm den Unterschied in der Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers und des Glases für den Druck einer Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber oder $10^m,32$ Wasserhöhe zu $\frac{1,73}{1000000}$ gefunden haben, so beträgt die Quecksilbermenge, die durch den Druck von einer solchen Atmosphäre verhindert worden aus dem Instrumente zu entweichen, $\frac{1,73}{1000000}\cdot V'$, und wenn man diese Größe in Graden des Instrumentes ausdrückt: $\frac{1,73 \cdot V'}{1000000}\cdot\frac{\delta}{V}$ Grade. — Da nun V' nur um sehr wenig von V unterschieden ist, so kann man beide, ohne einen Fehler zu begehen, einander gleich setzen, und erhält dann: $\frac{1,73}{1000000}\,\delta$. Bezeichnet nun h die Höhe der Wassersäule, die, wenn das Instrument in die Tiefe herabgelassen ist, auf dasselbe drückt, so ist, da $10^m,32 = 32,8$ preußische Fuß: $\frac{h}{32,8}$ diese Höhe in Atmosphären ausgedrückt, und folglich ist: $\frac{1,73}{1000000}\cdot\frac{\delta h}{32,8}$ die Anzahl von Graden, um die sich das Quecksilber weniger ausgedehnt hat, als es sich ausgedehnt haben würde, wenn es diesem Drucke nicht ausgesetzt gewesen wäre; man muß daher diese Größe noch zu dem obigem Werthe von x hinzufügen, wodurch dieser dann wird $x = \frac{(t - t' + T)\,\delta\,T + t}{\delta + t'} + \frac{1,73}{1000000}\cdot\frac{\delta h}{38,8}$. Da δ für alle gebräuchliche Thermometerscalen, selbst die Fahrenheitsche, sehr groß ist, im Vergleich mit t', t und T, so sind die nicht mit δ multiplicirten Glieder sehr klein, in Vergleich mit den übrigen, und können daher gänzlich vernachlässigt werden, wodurch man erhält: $x = t - t' + T + \frac{1,73}{1000000}\cdot\frac{\delta h}{32,8}$.

Zur Prüfung u. Berichtigung eines Thermometers gibt Baumgartner folgende Anleitung. Ein Thermometer, in welchem die Quecksilbersäule durch Luftblasen getrennt ist, oder welches in der Kugel eine Luftblase enthält, ist verwerflich; denn solche Luftblasen verbleiben nicht immer an einem und demselben Orte, sondern begeben sich oft, besonders beim Umkehren oder Neigen des Instruments, in den Raum über der thermometrischen Flüssigkeit. Wenn daher auch die Ausdehnung der Luft bei der Bestimmung der Fundamentalpunkte mitgewirkt hat und demnach das Thermometer von dieser Seite nicht unrichtig wäre, so hört doch dieses auf, wenn sie den Raum über dem Quecksilber einnimmt. In diesem Raume soll sich überhaupt so wenig als möglich Luft befinden, wenn das Instrument oben geschlossen ist. Man pflegt darum auch ein Thermometer zu neigen und umzukehren, um zu sehen, ob die Quecksilbersäule bis nahe an das Ende der Röhre hinabsinkt.

Geschieht dieses, so kann man sicher sein, daß sich über dem Quecksilber keine Luft befindet, es müßte nur die Röhre gar eng sein, denn in diesem Falle sinkt selbst in luftleeren Instrumenten das Quecksilber nicht ganz hinab, und kann höchstens durch mehre Stöße dahin gebracht werden. Bei diesem Umkehren des Thermometers sieht man auch am besten, ob irgendwo ein Luftbläschen versteckt sei. In größern Thermometern sinkt die ganze Quecksilbersäule ohne abzureißen hinab, und es entsteht in der Kugel ein leerer Raum, der aber beim Aufstellen des Instrumentes wieder verschwindet, ohne die mindeste Spur zurückzulassen. Trennt sich die Quecksilbersäule, so findet sich an der Trennungsstelle gewiß etwas Luft oder eine Unreinigkeit. Uebrigens sind Bläschen in der Kugel minder zu scheuen als in der Röhre, weil diese selten über den Hals der Kugel hinaufsteigen. — Ist ein Thermometer von dieser Seite richtig befunden worden, so hat man auf die Scale zu sehen. Das Materiale derselben soll nie eine hygroscopische Substanz, wie z. B. Elfenbein, unlackirtes Holz sein, weil dieses sich beständig ändert; die Theilstriche müssen unter der Röhre ganz durchgezogen erscheinen, und nicht zu dick, wenigstens nicht ungleich dick sein. Daß die Scale gut getheilt sein muß, versteht sich von selbst. Ein Hauptaugenmerk verdienen die zwei Fundamentalpunkte. Diese werden gar häufig unrichtig bestimmt, und erleiden selbst mit der Zeit eine Veränderung. Darum soll man an jedem Instrumente, das man zu genauen Arbeiten brauchen will, vorläufig diese Punkte bestimmen. — Wenn sich auch ein Thermometer bei allen diesen Prüfungen bewährt hat, so kann es doch noch manchen Unrichtigkeiten unterworfen sein, weil vielleicht die Röhre nicht vollkommen cylindrisch ist, und doch die Scale für eine cylindrische Röhre getheilt wurde. Um dieses auszumitteln, sucht man die Quecksilbersäule an einer Stelle zu trennen. Dieses erreicht man dadurch, daß man die Röhre an der Stelle, wo die Trennung erfolgen soll, über einer Weingeistflamme erhitzt. Mit der getrennten Säule verfährt man so, als wollte man damit die Röhre calibriren, man schiebt sie längst der Scale hin, so weit dieses angeht und sieht zu, ob sie überall durch gleich viele Grade der Scale reicht. Nach dieser Operation vereinigt man das getrennte Stück wieder mit der Quecksilbersäule, indem man durch Neigen der Röhre die Säule zu dem Reste des Quecksilbers hinabgleiten läßt, und im Nothfalle noch mit einigen Erschütterungen zu Hilfe kommt. — Man kann auch ein Thermometer im Allgemeinen dadurch prüfen, daß man seinen Stand mit dem eines andern anerkannt richtigen in verschiedenen Punkten der Scale unter denselben Verhältnissen vergleicht. Hierbei darf man aber ja nicht vergessen, daß zwei Instrumente, deren Kugeln nicht ganz gleiche Durchmesser oder Wanddicken haben, einen verschiedenen Grad der Empfindlichkeit besitzen, und muß daher die Zeit gehörig abwarten, wo beide die Temperatur des Mittels, in dem sie sich befinden, ganz angenommen haben, und auch diese Temperatur möglichst lange zu unterhalten suchen. Wenn man die vorhergehenden Prüfungsregeln mit Schärfe anwendet, so wird man sich überzeugen, daß kein Thermometer ganz vollkommen ist. Ein Instrument, das eine hygro-

scopische Scale hat, dessen Theilung schlecht gemacht ist, dessen Röhre sprungweise gehende Unregelmäßigkeiten hat, wird nie durch Berichtigung auf einen erträglichen Grad der Genauigkeit gebracht werden können. Zeigen sich aber nur stufenweise erfolgende Abweichungen der Röhre von der cylindrischen Gestalt, oder sind die Fundamentalpunkte unrichtig bestimmt, so kann man die Größe der daraus entspringenden Fehler kennen lernen, und sie beim Gebrauche in Rechnung bringen. Wie man zu dieser Kenntniß gelangt, soll hier nach der von Bessel angegebenen vortrefflichen Methode gezeigt werden.*)

Eine andere und wie es scheint, sehr zuverlässige Berichtigungsmethode empfiehlt Egen. Er versieht zuerst das Thermometer mit einer Scale von so feiner aber übrigens willkürlicher Theilung, daß je zwei Theilstriche nur etwa um 0,07 L. von einander abstehen, trennt von der Quecksilbersäule einen Faden, dessen Länge etwa 30° der Thermometerscale beträgt und beobachtet die Länge dieses Fadens, indem er sein unteres Ende von 200 — 200 Th. der willkürlichen Scale verschiebt, bis sein oberes Ende den höchsten Punkt der Thermometerröhre erreicht hat. Diese Beobachtung wird mit einer Loupe vorgenommen, etwa dreimal wiederholt und im Falle sich Differenzen zeigen, aus allen drei Werthen das Mittel genommen. Da der Raum, welchen der Faden

---

*) An jedem Thermometer hat man für jeden Grad x der Scale die Correction φx und dann noch überdieß den Eis- und Siedpunkt auszumitteln. Bezeichnet man den Ort des Eis- und Siedpunktes auf der Scale mit e und s und ihre Correction mit φe und φs, so findet man an einem hunderttheiligen Instrumente den wahren Grad, welcher dem Punkte x der Scale entspricht, durch die Proportion

$$s + \varphi s - (e + \varphi e) : 100 = x + \varphi x - (e + \varphi e) : f$$

woraus man erhält

$$f = \frac{x + \varphi x - (e + \varphi e)}{s + \varphi s - (e + \varphi e)} \cdot 100.$$

Es handelt sich demnach darum, φx, φe und φs zu bestimmen. Die Bestimmung von φx ist am umständlichsten; von ihr soll daher zuerst die Rede sein.

Die Operation, wodurch man die zur Bestimmung von φx nöthigen Werthe findet, besteht darin, daß man von der Quecksilbersäule hinter einander Stücke von verschiedener Länge abtrennt und mit jedem derselben den Theil der Scale, durch den es sich schieben läßt, calibrirt, indem man das eine Ende der Säule auf einen mit einer runden Zahl bezeichneten Theilstrich der Scale stellt und sieht, wohin das andere Ende reicht. Man muß aber beim Trennen der Säule durch das vorhin angegebene Mittel vorsichtig zu Werke gehen, um das Glas nicht zu beschädigen. Die Länge dieser Fäden ist zwar willkürlich, doch soll der erste über die halbe Scale des Thermometers sich erstrecken, die man berichtigen will und jeder folgende etwa um 10° kürzer sein. Die Länge des letztern soll aber kleiner sein, als die halbe Länge des erstern. Je mehr Fäden man braucht, desto sicherer lassen sich die beabsichtig-

unten verläßt, offenbar dem gleicht, um welchen sein oberes Ende hinauf rückt, so lernt man dadurch das Verhältniß der Räume kennen, die innerhalb 200, 400, 600, 800 u. s. w. Th. der Scale liegen, und um die ganze Fadenlänge von einander entfernt sind. Um auch den innerhalb der Fadenlänge enthaltenen Raum untersuchen zu können, wird ein Faden von etwa 10° Länge abgetrennt und mit demselben ein Stück der Röhre untersucht, das sich bei der vorhergehenden Prüfung am regelmäßigsten gezeigt hat, und dessen Länge der vorhin gebrauchten Fadenlänge (30°) gleicht. Nun sind die Verhältnisse der Räume der Röhre bekannt bis auf ein Stück von der Länge des letzteren Fadens. Kann man der Natur der Röhre nach annehmen, daß 10° lange Stücke allenthalben gleich weit sind, so kann man die Untersuchung für been-

---

ten Correctionen ausmitteln. Baumgartner hat bei der Prüfung eines Thermometers, das von Weilhöfer in Wien verfertigt ist, und sehr kleine Unregelmäßigkeiten zeigte, nach dieser Methode folgende Werthe erhalten:

Unteres Ende des Fadens.	Oberes Ende des Fadens.				
	I.	II.	III.	IV.	
— 20	20,3	—	—	—	
— 10	30,4	24,7	—	—	
0	40,5	34,8	24,5	11,1	
+ 10	50,6	44,9	34,55	21,1	
20	60,6	54,9	44,55	31,1	(A).
30	70,5	64,8	54,50	41,05	
40	—	74,7	64,4	51,0	
50	—	—	74,3	61,0	
60	—	—	—	71,0	

Um aus diesen Daten die jedem Werthe x entsprechende Correction φx zu finden, drücke man alle Quecksilberfäden in einem gleichen aber an sich willkürlichen Maße aus, und denke sich jeden derselben an die Stelle der vorhin gebrauchten Fäden gebracht, so daß sein unteres Ende auf den Grad fällt, auf welchen der wirklich gebrauchte Faden fiel. Vergleicht man nun die Stelle seines oberen Endes mit der, welche der Faden in der Länge, wie er im Thermometer erscheint, einnimmt, so gibt der Unterschied eine Correction für den Punkt, auf welchen das untere Ende fällt. Daher ist das untere Ende durch das obere bestimmt, und da dieses mit jedem Faden geschieht, so erhält man so viele Bestimmungen desselben Scalenpunktes, als man Fäden gebraucht hat, und das Mittel derselben gibt die Correction, wenn man die Verbesserung für das andere Ende des Fadens vernachlässigt. Dieses Verfahren wird eine wirkliche Berechnung aus den vorher angeführten Daten mehr ins Licht setzen.

Man drücke die Länge jedes Fadens nahe so aus, wie er am untern Theile der Scale erscheint, setze aber allen, den ersten ausgenommen, eine Correction

digt halten, ist dieses aber nicht der Fall, so muß man noch einen dritten Faden von etwa 3° Länge anwenden und mit diesem ein 10° langes Röhrenstück in der Gegend, wo sich vorhin die größte Unregelmäßigkeit zeigte, untersuchen. Nun legt man ein Röhrenstück, wo möglich aus der Mitte der Röhre von 200 Th. Länge zum Grunde und berechnet den räumlichen Inhalt der andern Stücke von derselben Länge nach dem Gesetze, daß sich diese Rauminhalte verkehrt wie die Längen der Quecksilbersäulen verhalten. Ist nun an dem Thermometer der Eis- und Siedpunkt genau bestimmt, mithin auch bekannt, welche Raumtheile innerhalb des Fundamentalstandes fallen, so ist der Werth jedes Grades der Thermometerscale in Theilen der angebrachten Hilfsscale gegeben. Daß ein solches Thermometer keine andere Scale mehr braucht, ist für sich klar, so wie, daß durch Anwendung der willkürlich getheil-

---

bei, damit sich alle ungeachtet der etwaigen Ungleichheiten der Röhre auf das Maß beziehen, worin der erste ausgedrückt ist

Für unsern Fall ist

$$\text{Die Länge des Fadens I.} = 40{,}5$$
$$\text{II.} = 34{,}8 + c_1$$
$$\text{III.} = 24{,}4 + c_2$$
$$\text{IV.} = 11{,}1 + c_3$$

Nun hat man für die Werthe obiger Tafel (A), welche mit 30 in derselben horizontalen Linie liegen:

$$70{,}5 + \varphi\,(70{,}5) - (30 + \varphi\,30) = 40{,}5$$
$$64{,}8 + \varphi\,(64{,}8) - (30 + \varphi\,30) = 34{,}8 + c_1$$
$$54{,}5 + \varphi\,(54{,}5) - (30 + \varphi\,30) = 24{,}4 + c_2$$
$$41{,}1 + \varphi\,(41{,}1) - (30 + \varphi\,30) = 11{,}1 + c_3$$

und hieraus

$$30 + \varphi\,30 = 30 + \varphi\,70{,}5$$
$$= 30 + \varphi\,64{,}8 - c_1$$
$$= 30{,}1 + \varphi\,54{,}5 - c_2$$
$$= 30 + \varphi\,41{,}1 - c_3$$

Nimmt man hiervon das arithmetische Mittel, und setzt das Mittel aus den Correctionen des obern Theiles der Scale $= 0$, so erhält man:

$$30 + \varphi\,30 = 30{,}02 - \tfrac{1}{4}\,(c_1 + c_2 + c_3)$$

oder wenn man $\tfrac{1}{4}\,(c_1 + c_2 + c_3) = C$ setzt:

$$\varphi\,30 = 0{,}02 - C.$$

Auf dieselbe Weise findet man mittels der Zahlen, die in obiger Tafel mit 20,10,0 in derselben horizontalen Reihe stehen:

$$\varphi\,20 = 0{,}08 - C$$
$$\varphi\,10 = 0{,}08 - C$$
$$\varphi\,\;0 = 0{,}00 - C.$$

Setzt man nun zu diesen Werthen die Fadenlängen, und vergleicht das Ergebniß dieser Summirung mit dem, was die Beobachtungstabelle liefert; so erhält man die Correctionen für jene Stellen der Scale, wo sich das obere

ten Scale die Sache nicht verwickelter wird, indem man eben so nur diese Scale und eine sie erklärende Tabelle braucht, wie man bei den gewöhnlichen berichtigten Thermometern die eigentliche Thermometerscale und die Correctionstabelle zur Hand haben muß.

Wiewohl der Gebrauch des Thermometers im Allgemeinen allenthalben bekannt ist, so dürfte es doch nicht überflüssig sein, hier einige Worte über die dabei zu beobachtenden Vorsichten zu sagen, denn es ist nicht gleichgiltig, in welcher Stellung ein Thermometer beobach-

---

Ende des Fadens befand, während das untere Ende mit 0, 10, 20, 30 coincidirte. Man hat nämlich:

$$0 + \varphi\, 0 = 0{,}00 - C$$

dazu den Faden I. $= 40{,}5$

$$40{,}5 + \varphi\, 40{,}5 = 40{,}5 - C$$

mithin $\varphi\, 40{,}5 = 0{,}00 - C$

Eben so wird $10 + \varphi\, 10 = 10{,}08 - C$

Dazu den Faden I. $= 40{,}50$

$$50{,}6 + \varphi\, 50{,}6 = 50{,}58 - C$$

das ist $\varphi\, 50{,}6 = -0{,}02 - C$

und auf ähnliche Weise:

$$\varphi\, 60{,}6 = -\, 0{,}01 - C$$
$$\varphi\, 70{,}5 = 0{,}02 - C$$

Eben so erhält man durch den Faden II

$$\varphi\, 34{,}8 = 0{,}00 - C + c_1$$
$$\varphi\, 44{,}9 = -\, 0{,}01 - C + c_1$$
$$\varphi\, 54{,}9 = -\, 0{,}02 - C + c_1$$
$$\varphi\, 64{,}8 = 0{,}02 - C + c_1$$

Durch den Faden III

$$\varphi\, 24{,}5 = -\, 0{,}01 - C + c_2$$
$$\varphi\, 34{,}55 = -\, 0{,}07 - C + c_2$$
$$\varphi\, 44{,}55 = -\, 0{,}07 - C + c_2$$
$$\varphi\, 54{,}5 = -\, 0{,}08 - C + c_2$$

Durch den Faden IV

$$\varphi\, 11{,}1 = 0{,}00 - C + c_3$$
$$\varphi\, 21{,}1 = 0{,}08 - C + c_3$$
$$\varphi\, 31{,}1 = 0{,}08 - C + c_3$$
$$\varphi\, 41{,}1 = 0{,}02 - C + c_3$$

Allen diesen Correctionen hängen noch die Werthe von c an. Um sie davon zu befreien, nehme man aus allen mittels desselben Fadens erhaltenen Resultaten das arithmetische Mittel, und setze das Mittel der Correctionen wieder $= 0$. Da wird

$$0 = -\, 0{,}01 - 4\, C \qquad \text{mithin } c = 0{,}00$$
$$0 = -\, 0{,}01 - 4\, C + 4\, c_1 \qquad c_1 = 0{,}00$$
$$0 = -\, 0{,}23 - 4\, C + 4\, c_2 \qquad c_2 = 0{,}06$$
$$0 = -\, 0{,}18 - 4\, C + 4\, c_3 \qquad c_3 = -\, 0{,}05.$$

tet wird, wie es mit dem Stoffe, um dessen Temperatur es sich handelt, in Verbindung zu setzen sei, mit welchen Vorsichten man dessen Anzeigen abzulesen, und wie man die etwa nicht zu beseitigenden widrig wirkenden Umstände in Rechnung zu bringen habe.

Das Erste, worauf man beim Gebrauch eines Thermometers zu

Werden durch diese Werthe obige Correctionen von c befreit, so wird für die Ergebnisse, die mittels des dritten und vierten Fadens erhalten wurden:

$\varphi\ 24{,}5 = 0{,}05 - C$	$\varphi\ 11{,}1 = -0{,}05 - C$
$\varphi\ 34{,}55 = -0{,}01 - C$	$\varphi\ 21{,}1 = 0{,}03 - C$
$\varphi\ 44{,}55 = -0{,}01 - C$	$\varphi\ 31{,}1 = 0{,}03 - C$
$\varphi\ 54{,}5 = -0{,}02 - C$	$\varphi\ 41{,}1 = -0{,}03 - C$

Die übrigen Verbesserungen sind ohnehin von c frei, weil diese Größe bei den Ergebnissen mit dem ersten Faden nicht vorkommt, in den mit dem zweiten Faden erhaltenen aber c = 0 ist.

Es wäre leicht, alle diese Correctionen von C zu befreien, da dessen Werth bekannt ist, aber man kann es ganz weglassen, weil dadurch alle Scalenpunkte um gleichviel verrückt werden, und ohnehin nach der Hand die Feststellung der Scale durch Ausmittelung des Eispunktes vor sich geht. Die hier gefundenen Correctionen beziehen sich auf Scalenpunkte, denen Brüche angehängt sind, und die nicht durch runde Zahlen ausgedrückt sind. Da es sich besonders um Bestimmung der Correctionen für die runden Zahlen handelt, so muß man diese von jenen herleiten. Zu diesem Behufe bringt man alle oberen beobachteten Scalenpunkte in natürlicher Ordnung in eine Tabelle und setzt denen, wofür die Correction schon gefunden ist, diese bei. Hierauf vereinigt man jene Zahlen, die nahe an einer zu suchenden runden Zahl liegen, zu einem arithmetischen Mittel, und sucht endlich die Correction für jene runden Zahlen durch Interpoliren.

Folgende Tabellen enthalten die Grade, für welche die Correction schon gefunden ist, nebst diesen Correctionen. Jene Grade, welche sich zu einem arithmetischen Mittel vereinigen lassen, stehen zwischen zwei Strichen:

x	φ x	x	φ x
11,1	— 0,05	41,1	— 0,03
21,1	+ 0,03	44,55	— 0,01
24,5	+ 0,05	44,9	— 0,01
31,1	+ 0,03	50,6	— 0,02
34,5	— 0,01	54,5	— 0,02
34,8	+ 0,00	54,9	— 0,02
40,5	+ 0,00	60,8	— 0,01
		64,8	0,02
		70,5	0,02

sehen hat, ist die Stellung desselben. Es haben sich zwar bewährte Kenner dieses Instrumentes, wie z. B. Luz, entschieden ausgesprochen, daß es gleichgiltig sei, ob man dem Thermometer eine verticale oder eine horizontale Stellung gebe, indeß scheint die Sache doch große Aufmerksamkeit zu verdienen. Thermometer mit kleinen Graden und kurzen Quecksilbersäulen mögen immerhin nach Belieben in horizontaler oder verticaler Lage gebraucht werden, weil das Glas bei letzterer Stellung des Instrumentes durch den Druck der Quecksilbersäule wohl nicht so sehr afficirt werden wird, daß daraus ein merklicher Unterschied im Stande der Quecksilbersäule hervorgehen kann; aber an langen Thermometern erleidet das Glas durch den Druck der Quecksilbersäule eine Ausdehnung, und es entspricht bei verticaler Stellung dieses Instruments demselben Wärmegrade eine kürzere Quecksilbersäule als bei horizontaler. Das Wiener Museum besitzt ein 3 Fuß langes Thermometer von Weilhöfer, das vorzüglich gut construirt ist. Der ganze

---

Hieraus findet man folgende arithmetische Mittel und ihre Verbesserungen:

x	φx	x	φx
25,56	+ 0,03	56,65	— 0,01
39,9	+ 0,00	67,65	— 0,01
45,41	0,00		

und aus allen Verbesserungen zusammen durch Interpoliren:

φ 0 = 0,00	φ 40 = 0,00
φ 10 = 0,08	φ 50 = 0,02
φ 20 = 0,08	φ 60 = — 0,01
φ 30 = 0,02	

Zur Bestimmung der Correctionen von — 10°, — 20° braucht man die wahre Fadenlänge zu kennen. Diese wird bekannt, wenn man sie von dem anhängenden c befreit, und man bekommt:

I. = 40,5, II. = 34,8, III. = 24,46, IV. = 11,05)

Nun nimmt man aus der ersten Tabelle jene Ergebnisse, bei denen das untere Fadenende auf — 20 — 10 u. s. w. stand, setzt dem oberen Ende die aus dem Vorhergehenden sich entsprechenden Verbesserungen zu, und zieht dann die Fadenlänge, auf welche sich dieses bezieht, ab, so erhält man φ — 20, φ — 10 u. s. w. Es ist nämlich für unseren Fall:

	20,3 + φ 20,3	= 20,80
davon den Faden I.		= 40,50
	gibt φ (— 20)	= — 0,3
	eben so wird φ (— 10)	= — 0,06

Fundamentalabstand hat eine Länge von $22\frac{1}{2}$ Zoll und jeder Grad ist in 5 gleiche Theile unmittelbar getheilt. Dieses Instrument gibt beim Uebergang der verticalen Stellung in die horizontale eine Differenz von nahe $\frac{1}{10}$ Grad. Solche Thermometer müssen daher immer in einerlei Stellung und zwar in derjenigen beobachtet werden, in welcher die Fundamentalpunkte, besonders der Siedpunkt, bestimmt worden sind. Aber stets wird man sicherer daran sein, wenn letztere Bestimmung in horizontaler Lage der Röhre gemacht worden ist, weil man sonst nicht mit Gewißheit weiß, ob sich das Glas in der Siedhitze eben so durch einen Druck ausdehnt, wie bei gewöhnlichen Temperaturen. Doch muß man ja darauf sehen, daß Thermometer, die in horizontaler Stellung beobachtet werden, nicht etwa zwischen dem Quecksilber ein Luftbläschen enthalten, weil dieses bei Ermanglung eines Druckes die Quecksilbersäule hebt, und dadurch einen Irrthum bei der Beobachtung der Temperatur veranlaßt. — Das Thermometer muß mit der Masse, um deren Temperatur es sich handelt, so weit in unmittelbare Berührung gebracht werden, als die Quecksilbersäule reicht, damit die durch sie verursachte Erwärmung oder Erkältung auf alles Quecksilber des Instrumentes wirke. Wenn einem von der zu untersuchenden Masse nicht die nöthige Quantität zu Gebote steht, um die volle Einsenkung des Thermometers bewerkstelligen zu können, und man dem Beobachtungsresultate doch nichts von der größten Schärfe erlassen kann, so muß man zu einer Correction seine Zuflucht nehmen. Gesetzt ein hunderttheiliges Thermometer gebe die Temperatur eines Körpers mit t° an, und es sei nicht möglich, die ganze Quecksilbersäule in die Masse zu tauchen, sondern es rage eine Säule λ° aus dieser Masse in die Luft oder in ein anderes Mittel hervor, dessen Temperatur τ ist; so kann man annehmen, daß auch die hervorragende Quecksilbersäule die Temperatur τ habe, mithin durch Temperaturveränderung von $t - \tau^\circ$ um $\frac{t - \tau}{5550}$ λ° länger

---

Man kann alle nun gefundenen Verbesserungen dazu brauchen, um die oberen Fadenenden in der ersten Tabelle dadurch zu corrigiren, mit so erhaltener neuen verbesserten Tabelle das ganze Verfahren wieder von neuem vornehmen, um noch genauere Werthe von φ zu finden. In unserem Falle sind die Verbesserungen ohnehin sehr klein, und man kann sich diese Arbeit wohl erlassen.

Um nun das Thermometer in Betreff der fixen Punkte zu berichtigen, muß man den Eis- und Siedpunkt bestimmen für $s + \varphi s$, $e + \varphi e$ die Werthe in der Formel setzen, und daraus $f - x$ suchen. Bei dem hier in Rede stehenden Thermometer fiel der Eispunkt auf 0,2, der Siedpunkt aber auf 100,1. Man hat daher

$$e + \varphi e = - 0{,}2,\ s + \varphi s = 100{,}1 \text{ und}$$

$$f = (x + \varphi x)\ 1{,}001 + 0{,}02$$

und daher die Correction für jeden einzelnen Grad

$$f - x = 0{,}001\ x + 1{,}001\ \varphi x - 0{,}02.$$

werde. Darum wird letztere Größe die Correction sein, welche man mit ihrem Zeichen zur beobachteten Temperatur t zu setzen hat, um die erste Annäherung zu erhalten. Die so gefundene Temperatur kann man wieder für t setzen, wieder die Correction und mittels dieser eine zweite Annäherung erhalten. Man wird es aber in den wenigsten Fällen nothwendig finden, über die erste Annäherung hinaus zu gehen. — Wenn es sich darum handelt, die Temperatur flüssiger Stoffe zu untersuchen, so darf man ja nicht vergessen, daß diese in verschiedenen Horizontalschichten verschieden sein kann, und muß deßhalb die Temperatur einer besonderen Schicht untersuchen, oder aus den Resultaten der Untersuchung mehrer Schichten das Mittel nehmen. Wenn man aber bei der Temperaturbestimmung einer Schicht ein reines Resultat haben will, so ist die horizontale Lage des Thermometers unerläßlich. Ueberdieß muß man aber da, wo es sich um besonders scharfe Resultate handelt, den Umstand wohl berücksichtigen, daß das Quecksilbergefäß eines Thermometers in tiefliegenden Schichten eine Compression erleidet, und darum die Temperatur zu hoch erscheint. Dasselbe ist der Fall, wenn man die Temperatur eines comprimirten Gases, besonders mit einem luftleeren Thermometer untersucht. Um sowohl in diesem als in jenem Falle die Wirkung der Compression zu erfahren, ist es gut, vorläufig den Versuch mit einer Flüssigkeit zu machen, welche die Temperatur der Atmosphäre hat, und die daher den Stand des hinein gebrachten Thermometers, das sich in der Luft befand, nur vermöge der Compression des Quecksilbergefäßes zu ändern vermag. Auf diese Wirkung muß man bei der Bestimmung des Endresultates Rücksicht nehmen. — Soll durch ein Thermometer die Temperatur der Luft ausgemittelt werden, so muß man es an einen Ort bringen, zu welchem zwar die Luft von allen Seiten Zutritt hat, der aber doch gegen Regen, Wind u. s. w. und sowohl gegen das direkte Sonnenlicht, als gegen strahlende Wärme möglichst geschützt ist. Darum darf ein solches Instrument nur an der Nordseite eines Gebäudes aufgestellt werden, muß hinreichend von der Mauer entfernt sein, und sich in einem von oben und seitwärts geschützten, am besten blechernen, durchlöcherten Kasten befinden. Nur wenn es dem Beobachter darum zu thun ist, die während einer Nacht durch Ausstrahlen der Wärme hervorgebrachte Erkaltung kennen zu lernen, muß das Thermometer von der Decke befreit, und dem freien Himmel ausgesetzt werden. Thermometer mit hölzernen, die Wärme langsam leitenden Scalen, sind zu diesem Ende nicht wohl zu brauchen, weil ihr Gang stets hinter der Temperatur der Atmosphäre um Vieles zurück bleibt. Uebrigens wird man bei aller Sorgfalt nicht erwarten dürfen, daß man bei Beobachtungen der Luftwärme ein vollkommen richtiges Resultat erhalte, denn der Thermometerstand ist so veränderlich, daß man selbst bei jeder von schnell aufeinander folgenden Beobachtungen ein anderes Resultat finden wird, welches theils vom Wechsel kälterer und wärmerer Luftschichten, theils von der größeren oder minderen Einwirkung der Meteore und der strahlenden Wärme abhängt und es bleibt dem Beobachter nichts übrig, als mit dem Schlag der Stunde, die man zum Beobachten bestimmt hat, an die

Arbeit zu gehen, und etwa einige Minuten darnach noch einen Blick auf das Thermometer zu werfen, um etwa die Natur der die schnellen Veränderungen erzeugenden Ursachen leichter ausmitteln zu können. Bei der Beobachtung des Thermometerstandes hat man mit gehöriger Eile zu verfahren, um den Stand der Quecksilbersäule nicht durch die Körperwärme zu ändern und muß sorgen, daß das Auge in derselben horizontalen Ebene steht, in welcher sich die Oberfläche der Quecksilbersäule und der betreffende Theilstrich der Scale befindet. Man hat Thermometer, bei denen die Scale an den zwei einander gegenüberstehenden Seiten unmittelbar in das Glas eingeschnitten ist. Bei diesen ist es leicht, den rechten Ort für das Auge zu finden, weil man weiß, er befinde sich in der Höhe jenes Scalenstriches, der den gleichbedeutenden der anderen Seite zu decken scheint. Indeß kann man auch bei Thermometern mit einer einfachen Scale diesen Ort ohne besondere Mühe finden, denn derjenige Theilstrich der Scale, der mit dem Auge in derselben Horizontalebene liegt, erscheint, wenn er hinter der Röhre durchgezogen ist, gerade, während die darunter oder die darüber liegenden sich gekrümmt zeigen. — Das Quecksilberthermometer, dessen man sich fast ausschließlich bedient, ist nach den oben angeführten Versuchen von Dulong und Petit nur bis 100° C. ein richtiger Wärmemesser; über diese Grenze hinaus muß man eine Correction anwenden, um aus seinen Anzeigen den wahren Wärmegrad zu erkennen. Diese Correction hat August aus den von Dulong und Petit angestellten Versuchen, die Vergleichung des Quecksilber- und Luftthermometers betreffend, abgeleitet, indem er sich überzeugte, daß die derselben Temperatur entsprechenden Grade bei dem Thermometer, Unterschiede geben, deren zweite Differenzenen (= 0,35) constant sind. Dadurch wurde er auf die Formel

$$\delta = \frac{1}{4} (0,09\ \tau + 0,00028\ \tau^2)$$

geleitet, wo τ die Anzahl der über 100° liegenden Grade des hunderttheiligen Quecksilberthermometers, und δ die zu suchende Correction bedeutet. Heißt nun der wahre Wärmegrad t_w, der Grad des Quecksilberthermometers t_q, so ist

$$\delta = t_q - t_w$$

und daher

$$t_w = t_q - \frac{1}{4}\ \tau\ (0,09 - 0,00028\ \tau).$$

Diese Formel gibt aber nur bis 300° genaue Resultate, weiter aufwärts wird t_w wohl etwas zu klein, doch ist die Abweichung im Ganzen so gering, daß man die Formel bis zum Siedpunkt des Quecksilbers benutzen kann.

Die zur Reduction der hohen Thermometergrade nöthigen Zahlen sind in nachstehender Tabelle enthalten.

Grade des 100theil. Quecksilbertherm.	wahre Wärmegrade.	Differenz.	Grade des 100theil. Quecksilbertherm.	wahre Wärmegrade.	Differenz.
101°	100°,977	0,023	200°	197°,075	2,925
105	104,886	0,114	205	201,893	3,107
110	109,768	0,232	210	206,708	3,292
115	114,647	0,353	215	211,520	3,480
120	119,523	0,477	220	216,328	3,672
125	124,396	0,604	225	221,133	3,867
130	129,264	0,736	230	225,934	4,066
135	134,130	0,870	235	230,732	4,268
140	138,992	1,008	240	235,527	4,473
145	143,841	1,159	245	240,318	4,682
150	148,702	1,298	250	245,106	4,894
155	153,559	1,441	255	249,891	5,109
160	158,407	1,593	260	254,671	5,329
165	163,265	1,735	265	259,450	5,550
170	168,094	1,906	270	264,224	5,776
175	172,933	2,067	275	268,995	6,005
180	177,764	2,236	280	273,761	6,239
185	182,600	2,400	285	278,527	6,473
190	187,428	2,572	290	283,288	6,712
195	192,253	2,747	295	288,046	6,954
			300	292,800	7,200

Eines der empfindlichsten Instrumente, welches sich an die Thermometer anschließt, aber zur Messung der Temperaturveränderungen nicht zu brauchen ist, ist Rumford's Thermoskop oder Mikrocalorimeter. Zwei Glaskugeln von 1 bis 1,5 Zoll Fig. 352. Durchmesser, a und b, werden durch die 3 F. lange oder noch längere 1 bis höchstens 1,5 Lin. weite Röhre cd verbunden, mit etwas gefärbtem Alkohol gefüllt, durch Sieden von diesem luftleer gemacht und dann durch Zuschmelzen der feinen Spitze an der einen Kugel a, gänzlich verschlossen. Von dem Weingeiste bleibt ohngefähr so viel in dem Apparate zurück, daß jede der Kugeln damit etwa zum vierten Theil angefüllt ist, und dann bringt man einige Tropfen davon in die Röhre bei a, welche durch ihre Bewegung nach c oder d hin, die Temperaturveränderung in den Kugeln b oder a anzeigen. Eine eigentliche Messung der Wärmegrade ist mit diesem Instrumente ganz unmöglich, allein es ist dagegen so empfindlich, daß man den Temperaturunterschied von $\frac{1}{1000}$ eines Grades nach R. daran beobachten kann. Diese Empfindlichkeit steigt mit der Größe der Kugeln, der Engigkeit der Röhre, welche daher am besten nur 1 Lin. weit ist, und der Länge der letzteren, unter der Bedingung, daß man sehr reinen Alkohol oder Aether genommen und das Ganze vollständig von Luft befreit habe.

Auch feste Körper sind zur Herstellung von Thermometern, namentlich zu Beobachtung hoher Temperaturen benutzt worden, in welchem Falle sie aber den Namen Pyrometer erhalten. S. d. Art. Ausdehnung (fester Körper) und Pyrometer. Empfindliche Instru-

mente, **Metallthermometer**, erhält man, wenn man die ungleiche Ausdehnung zweier Metalle zum Messen der Temperatur benutzt. Das **Zifferblattthermometer** und das **Breguet**'sche Thermometer sind die bemerkenswerthesten derartigen Instrumente.

Fig. 353. zeigt eine der gewöhnlichsten Anordnungen des **Zifferblatt-Thermometers**. fgh ist ein Metallstreif, ähnlich denjenigen, deren man sich zu Compensationen (s. d. Art.) bedient. Er besteht aus einem kleinen Kupferstreif und einem kleinen Stahlstreif, welche ihrer ganzen Länge nach an einander gelöthet sind. Dieser Doppelstreif ist in f befestigt; krümmt sich in g und endet in h. Um die Axe b dreht sich ein Hebel, dessen kürzerer Arm fortwährend gegen das Ende h gestemmt ist, und dessen längerer Arm Zähne dd' trägt. Die sehr kleinen Bewegungen, welche durch die Ausdehnung des Metalles am Ende h erzeugt werden, werden schon in dem Verhältnisse der Hebelarme (s. d. Art. **Hebel**) vergrößert; nachher greifen aber die Zähne dd' in ein kleines Getriebe, welches um die in der Mitte liegende Axe c sich dreht, und die Nadel li, welche sich um dieselbe Axe dreht, zeigt die Bewegungen des Getriebes in noch größerem Maße. Man berechnet die Dimensionen so, daß ungefähr die 100° der hunderttheiligen Scale einer ganzen Umdrehung der Nadel entsprechen, welche Rechnung nach den einfachen Gesetzen des Hebels sich leicht bewerkstelligen läßt. Die Graduirung dieser Instrumente geschieht durch Vergleichung mit einem guten Quecksilberthermometer, wo möglich von Grad zu Grad, wenigstens von 10 zu 10 Grad.

Das feinste und bequemste aller Metallthermometer ist das von **Breguet**. Dasselbe besteht aus einem kleinen Metallstreif von 1 bis 2 Millim. Breite, der in Gestalt einer Spirale gewunden ist, wie wie Fig. 354. zeigt. Mit dem einen Ende ist die Spirale an ein Kupferstück befestigt, welches dieselbe vollkommen frei und isolirt läßt, und an dem unteren Ende trägt sie eine sehr leichte horizontale Nadel, deren Spitze den Umkreis des eingetheilten Kreises cc' durchläuft; der Kreis ist ausgeschnitten und ruht auf 3 sehr dünnen Füßen, so daß die Luft freien Zugang zu allen Windungen der Spirale hat. Eine Glocke bedeckt den Apparat, um ihn vor jeder Beunruhigung von Außen zu schützen. Der Streif, aus dem die Spirale besteht, ist aus drei übereinandergelegten Metalllagen zusammen gesetzt: Silber, Gold und Platin. Die Goldlage, welche in der Mitte liegt, dient zur Löthung für die beiden andern Metalle. Die Zusammensetzung hat anfangs eine merkliche Dicke, aber man plättet sie bis ihre Gesammtdicke nur $\frac{1}{50}$ Millimeter beträgt. Man kann hiernach sich eine Vorstellung von der ungemein geringen Masse des Instrumentes machen, und folglich von der Schnelligkeit, mit welcher es die Temperatur der Luft annimmt, welche sie berührt. Durch die ungleiche Ausdehnung des Platins und des Silbers, dreht sich die Spirale aus oder zusammen, wenn sich die Temperatur erhebt oder erniedrigt, und die Nadel bewegt sich um jenen Bewegungen zu gehorchen. Man graduirt dieses Instrument, indem man

seinen Gang mit dem eines sehr empfindlichen Quecksilberthermometers vergleicht.

Um das Breguetsche Thermometer zur Beobachtung des Maximums und Minimums einzurichten, höhle man in der Mitte des graduirten Kreises, auf dem sich die Spitze der Nadel bewegt, eine mit diesem Kreise concentrische Furche aus, und bringe in oder auf dieser Furche zwei sehr leichte und leichtverschiebbare Laufer zu beiden Seiten der Nadel an. Diese werden durch die bewegte Nadel bis zum Maximum und Minimum fortgeschoben werden und daselbst liegen bleiben. Die Schraubenwindung des Thermometers muß stark genug sein, damit die Bewegung der Nadel durch den kleinen Widerstand des Laufers, kein Hinderniß erfahre.

Thierkreis oder (griech.) Zodiakus ist eine der Ekliptik parallele Zone (Gürtel) des Himmels, welche sich auf beiden Seiten der Ekliptik bis zu 10 Grad von derselben entfernt, in welcher sich sowohl die Sonne als sämmtliche ältere Planeten aufhalten, (d. h. sie werden stets in der Nähe der Sterne dieser Himmelsgegend erblickt), und in 12 gleiche Theile oder Zeichen getheilt wird. Jedes dieser Zeichen nimmt mithin $\frac{360°}{12} = 30°$ ein. Die Namen derselben nannten schon die Alten nach den 12 Sternbildern, welche den Thierkreis bilden. Sie sind in der Ordnung wie sie vom Frühlingspunkte gegen Osten auf einander folgen, nachstehende:

Zeichen	Länge			Zeichen	Länge		
Widder ♈	0°	bis	30°	Wage ♎	180°	bis	210°
Stier ♉	30°	=	60°	Scorpion ♏	210°	=	240°
Zwillinge ♊	60°	=	90°	Schütze ♐	240°	=	270°
Krebs ♋	90°	=	120°	Steinbock ♑	270°	=	300°
Löwe ♌	120°	=	150°	Wassermann ♒	300°	=	330°
Jungfrau ♍	150°	=	180°	Fische ♓	330°	=	360°

Man hat die lateinischen Namen dieser Sternbilder in 2 Verse zusammengestellt, um sie dem Gedächtnisse leichter einprägen zu können:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Besser sind folgende lateinische Verse des Manilius:

Aurato princeps *Aries* in vellere fulgens
Respicit admirans aversum surgere *Taurum*,
Summisso vultu *Geminos* et fronte vocantem.
Quos sequitur *Cancer*, Cancrum *Leo*, *Virgo* Leonem.
Aequato tum *Libra* die cum tempore noctis
Attrahit ardenti fulgentem *Scorpion* astro;
In cujus caudam contentum dirigit arcum
Mixtus equo, volucrem missurus jamque sagittam.
Tum venit angusto *Capricornus* sidere flexus.

Post hunc inflexam diffundit *Aquarius* urnam
Piscibus assuetas avide subeuntibus undas,
Quos Aries tangit claudentes ultima signa. *)

Die Alten pflegten durch diese Zeichen die Länge der Sonne und aller Sterne in der Art zu bezeichnen, daß sie z. B. die Länge der Sonne für den August, welche 136 Grad beträgt mit ♌, 16 (16 Grad des Löwen) bezeichneten. Vergleicht man diese Zeichen mit den wirklichen Sternbildern der Ekliptik, wie dieselbe auf dem Globus erscheint, so sieht man diese Sternbilder sämmtlich um ein Zeichen oder um ungefähr 30° weiter gegen Osten. So ist der Widder an der Stelle des zweiten Bildes, der Stier an der Stelle des dritten u. s. f., die Fische endlich an der Stelle des ersten Sternbildes, so daß die Namen der Zeichen und der Sternbilder nicht mehr zusammentreffen. Es ist dieses eine Folge des **Vorrückens der Nachtgleichen.** (s. d. Art.)

Thierkreislicht, Zodiakallicht (v. d. griech. ζωδιακός Thierkreis) ein der Milchstraße ähnliches, aber helleres Licht, das in der Gestalt eines doppelten Kegels erscheint, so daß die gemeinschaftliche Grundfläche beider Kegel die Sonne ist und die Axen derselben in die Ekliptik fallen. Man erblickt dasselbe am deutlichsten im April und Mai gleich nach Sonnenuntergang, und im September und October kurz vor Sonnenaufgang, besonders in den Morgenländern. Es hat die Gestalt einer schmalen Linse, deren große Axe veränderlich aber stets fünf bis sechsmal länger als die kleine Axe scheint. Vergl. d. Art. **Atmosphäre der Sonne.**

Thorium ist ein einfacher, nicht metallischer Stoff, welcher 1829 von **Berzelius** in einem neuen Fossil **Thorit** entdeckt worden ist, ein dunkelbleigraues, gewichtiges Pulver, welches durch Druck Metallglanz von eisengrauer Farbe annimmt, unschmelzbar und nicht flüchtig ist. Durch Wasser wird es in keiner Temperatur oxydirt, und an der Luft erhitzt verbrennt es zu **Thorerde** mit einem hellen Licht, ähnlich dem des in Sauerstoff verbrennenden Phosphors. Dieselbe ist ein weißes

---

*) Deutsch wie folgt:
Glänzend im goldenen Vließ erscheinet als erster der **Widder**,
Blicket erstaunet dahin, wo gewendet der **Stier** sich erhebet,
Der mit gesenktem Blicke und Stirn nach dem **Zwillingen** brüllet.
Auf sie folget der **Krebs**, dem Krebse der **Löw'** und die **Jungfrau.**
Drauf theilt gleichend den Tag und die Nacht die **Wage** die Zeit aus,
Locket dem **Scorpion**, der erglänzt vom Gestirne der Gluten.
Ihm schon zielt nach dem Schwanz mit dem scharfgespanneten Bogen,
Um den beflügelten Pfeil zu entsenden der **Schütze**, ein Roßmann.
Drauf kommt beugend sich hin auf das enge Sternbild der **Steinbock.**
Nach ihm schüttet der **Wassermann** aus die gebogene Urne
Und es tauchen begierig in heimische Wellen die **Fische**,
Welche der Widder berührt, die schließenden, letzten der Zeichen.

geschmackloses Pulver, welches unschmelzbar ist, aber durch Glühen zusammensintert und eine harte Masse von 9,402 specif. Gewicht bildet. Sie gibt mit Wasser ein weißes Hydrat und mit Säuren die (farblosen) Thorerdesalze. Geglühte Thorerde ist nur in concentrirter Schwefelsäure löslich, das feuchte Hydrat aber in allen Säuren. Gegen Schwefel und Phosphor verhält sich das Thorium wie Alumium; es verbindet sich unter Feuererscheinung.

Titan oder Menakan, ein schweres unedles Metall, welches zuerst 1791 von Gregor beobachtet, und nachher von Klaproth und Rose näher untersucht worden ist. Es kommt im Mineralreich nur selten vor, als Oxyd im Rutil, Anatas, Sphen u. a. Das Titan krystallisirt in kleinen, hochgelben, ins Braunrothe gehenden Würfeln von starkem Metallglanz; künstlich in dünnen Blättchen von Kupferglanz gewonnen, erscheint es bei durchfallendem Lichte grün; feinzertheilt stellt es ein dunkelblaues oder schwarzes Pulver dar. Sein specif. Gewicht ist = 5,3. Es ist schwer schmelzbar, im zusammenhängenden Zustande ein ausgezeichneter Leiter der Elektricität, nicht magnetisch, härter als Stahl und Quarz, spröde, an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur in Masse unveränderlich. Das pulverförmige, frisch bereitete Titan verbrennt jedoch bei der Berührung mit der Luft; das mit Luft vermischte oder in Masse zusammenhängende oxydirt sich in der Glühhitze langsam. Das feinzertheilte wird in Salpetersäure und Königswasser oxydirt, das krystallisirte aber wird von Säuren nicht angegriffen, außer durch ein Gemenge von Fluß- und Salpetersäure. Das Titanoxyd kommt natürlich krystallisirt in braunrothen quadratischen Säulen, braunen, blauen und gelben quadratischen Oktaedern u. s. w. von 4,8 spec. Gewicht vor, das künstliche ist ein weißes, beim Erhitzen gelbwerdendes Pulver. Mit Wasser gibt es ein weißes Hydrat, mit Säuren Titanoxydsalze. — Chlortitan ist eine farblose, flüchtige tropfbare Flüssigkeit, welche an der Luft stark raucht und sich mit Wasser unter Erhitzung in salzsaures Titanoxyd verwandelt. Mit Ammoniak gibt das Chlortitan einen festen pulverartigen Körper von braunrother Farbe, Chlortitan-Ammoniak. — Schwefeltitan ist eine lockere, zarte, in Masse dunkelgrüne, zertheilt gelbe, abfärbende Masse, die in Wasser unlöslich ist.

Tropfbare Flüssigkeiten heißen diejenigen Körper, welche die beiden Eigenthümlichkeiten des Fließens und des Tropfenbildens in sich vereinigen. Das Fließen besteht in einer leichten Verschiebbarkeit der Bestandtheilchen, und da diese Eigenthümlichkeit auch den gasförmigen Körpern (s. d. Art. Dampf und Gase) zukommt, so werden auch diese als Flüssigkeiten bezeichnet. Man nennt sie aber zum Unterschiede von den tropfbar-flüssigen Körpern expansibel oder ausdehnsam flüssige Körper, weil ihnen die Eigenthümlichkeit des Tropfenbildens nicht zukommt. Das Bilden von Tropfen zeigt einen Zusammenhang der Bestandtheilchen an, welchen die gasförmigen Körper nicht haben. Bei diesen nämlich haben die Bestandtheile das Bestre-

ben, sich immer weiter von einander zu entfernen, nicht so, daß leere Zwischenräume zwischen ihnen bleiben, sondern daß sich diese Bestandtheilchen in sich selbst weiter und weiter ausdehnen, je geringer der sie zusammenhaltende Druck ist. Dagegen ist das Tropfenbilden ein in sich Zusammengehen der Bestandtheilchen. Man kann die Erscheinung auch so ausdrücken, daß während die expansiblen Flüssigkeiten ein Bestreben haben, in immer kleinere Bestandtheilchen zu zerfahren, zeigen dagegen die tropfbar flüssigen Körper ein Streben in immer größern Bestandtheilchen sich zu formiren. Haben eine Menge gleicher Bestandtheilchen eines Körpers das Streben zusammen zu gehen, d. h. ziehen sie einander gleichmäßig an, so werden sie diejenige Form annehmen, bei welcher Gleichmäßigkeit der Anziehung aller Bestandtheilchen unter einander stattfindet, d. h. sie werden kugelförmige Gestalt annehmen, wenn nicht Hindernisse vorhanden sind. Solche Hindernisse könen sein: 1) Unbeweglichkeit der Bestandtheilchen, 2) Anziehungen von Außen, d. h. außerhalb der sich berührenden Bestandtheilchen. Das erste Hinderniß findet bei den Flüssigkeiten nicht Statt, weil ihre Bestandtheilchen fließen, d. h. über einander hin ohne Widerstand sich bewegen, das zweite Hinderniß findet aber bei den tropfbaren Flüssigkeiten Statt, denn sie werden theils von andern sie umgebenden Körpern angezogen, theils von der ganzen Masse der Erde, d. h. sie sind schwer. Jene Anziehung von andern sie umgebenden Körpern vermindert die Tropfenbildung mehr oder weniger, je stärker sie ist. Daher bildet Wasser in einem Gefäß keinen Tropfen, weil es die Schwere zusammendrückt und überdieß die Wände des Gefäßes dasselbe nach allen Seiten anziehen, und nicht einmal die Oberfläche in einem oben offenen Gefäß wird kugelförmig, sondern vielmehr vertieft, weil die Ränder der Wassermasse von dem umgebenden Rande des Gefäßes stärker angezogen werden, als die Mitte, wegen der größern Nähe. Quecksilber nimmt dagegen in einem gläsernen Gefäß eine ausgebogene Oberfläche an, weil die Anziehung der Bestandtheilchen des Quecksilbers unter einander größer ist, als die des Glases gegen die Quecksilbertheilchen. Eine frei fallende Masse Flüssigkeit bildet aber während des Fallens einen Tropfen, weil die umgebende Luft nur geringe Anziehung gegen sie ausübt, aber die Gestalt dieses Tropfens ist nicht ganz kugelförmig, sondern in der senkrechten Richtung gedehnt, so daß offenbar alle Bestandtheilchen des Tropfens nach unten drängen, eine Folge der Schwere.

Eine Flüssigkeit, welche auf einer Ebene liegt, nimmt desto mehr Tropfenform an, je geringer die Anziehung der Ebene ist und je größer die Anziehung der Bestandtheilchen der Flüssigkeit unter einander ist. Je weniger benetzbar die Fläche ist, desto weniger Anziehung hat sie gegen die Flüssigkeit, desto deutlicher tritt die Tropfenbildung auf ihr hervor. Einige Flüssigkeiten (z. B. Quecksilber) haben größere Anziehung ihrer Bestandtheilchen unter einander als andere (z. B. Wasser), in Vergleich mit derselben Unterlage (z. B. Glas), daher findet bei jenen deutlichere Tropfenbildung Statt. Vergl. d. Art. Adhäsion und Cohäsion.

Das Fließen selbst, d. h. die Beweglichkeit der Bestandtheilchen über einander hin, ist den Substanzen in mehr oder weniger hohem

Grade eigenthümlich, so daß es mannigfach verschiedene Grade der Flie-ßigkeit oder Fließbarkeit gibt. Bei den zähen Flüssigkeiten zeigen die Bestandtheilchen beim über einander Hingleiten eine Anziehung gegen einander, welche sie in der Beweglichkeit hindert. Die meisten zähflüssigen Körper werden beweglicher, wenn sie erwärmt werden, und mit der Zunahme der Temperatur zeigen dieselben einen allmähligen Uebergang aus dem noch völlig festen Zustande, erst in den der Weichheit, welche sich dem Flüssigkeitszustande schon annähert und sodann durch alle Grade der Fließbarkeit; z. B. Wachs, Talg u. a. Ueberhaupt ist es die Wärme, welche den Flüssigkeitszustand bedingt, indem durch Aufnahme derselben in hinreichendem Maße wahrscheinlich alle festen Körper zu tropfbarflüssigen werden. Die Wärme ist es auch (nebst dem Druck) welche das Uebergehen aus dem tropfbar flüssigen in den ausdehnsamflüssigen bedingt. (Vergl. d. Art. Aggregationszustand, Ausdehnung, Wärme, Dampf, Gas.)

Die tropfbaren Flüssigkeiten, auch vorzugsweise nur Flüssigkeiten genannt, werden in ihren Eigenthümlichkeiten von zwei Kräften bedingt: von der Schwere, welche auf sie wie auf alle übrigen Körper wirkt, und von der Anziehung der Bestandtheilchen (Molecular-Attraction), welche auf sie in der Art wirkt, daß durch sie ihr Flüssigkeitszustand bedingt wird. Wir können in Gedanken dasjenige unterscheiden, was eine Folge der einen oder der anderen dieser Kräfte ist; denn wir können uns eine Wassermasse vorstellen, welche einen Augenblick aufhört schwer zu sein, ohne deßwegen aufzuhören flüssig zu sein. Eine solche Masse würde weder fallen können, wenn man sie losließe, noch auslaufen, wenn man sie umstürzte, und es ist klar, daß sie, um in Ruhe zu sein, weder auf einer Unterlage zu ruhen noch in einem Gefäße enthalten zu sein brauchte. In diesem Zustande würde sie noch eine Menge Eigenthümlichkeiten besitzen. Eine der wichtigsten ist das Princip der Gleichheit des Druckes. Diesem Principe sind die Flüssigkeiten unterworfen, d. h. sie haben die Eigenthümlichkeit, die Drucke, welche man gegen ihre Oberfläche ausübt, nach allen Richtungen und gleichmäßig fortzupflanzen. Folgende Betrachtung wird dasselbe noch verständlicher machen. ABCD (Fig. 355.) ist ein Gefäß, welches eine Flüssigkeit enthält, von der wir annehmen wollen, daß sie keine Schwere besitze. PP′ ist ein massiver Kolben, welcher genau die ganze Oberfläche der Flüssigkeit bedeckt. Ist der Kolben auch ohne Schwere, und mit keinem Gewichte belastet, so erleidet die Flüssigkeit offenbar keinen Druck und man könnte das Gefäß durchbohren, ohne daß sie ausliefe. So wie man aber auf den Kolben ein Gewicht, z. B. von 100 Pfund, legt, sogleich strebt er herabzusteigen und würde wirklich herabsteigen, wenn nicht die Flüssigkeit Widerstand leistete. Die Flüssigkeit mag nun zusammendrückbar sein oder nicht, das Resultat ist dasselbe: sie muß nothwendig entweder sich verdichten oder die 100 Pfund tragen. Die oberste Schicht aa′, welche den Kolben berührt und ihm als Unterlage dient, erträgt das ganze Gewicht desselben; und so gedrückt, wie sie ist, müßte sie fallen, wenn sie nicht in der Schicht bb′ eine Unterlage hätte, welche sich zunächst unter ihr befindet; auf diese Schicht drückt sie mit dersel-

ben Kraft, mit welcher sie von dem Kolben gedrückt wird. Auf gleiche Weise drückt die Schicht bb′ auf die folgende cc′ und so fort; der Druck pflanzt sich von Schicht zu Schicht bis zum Boden des Gefäßes fort, welcher selbst so gedrückt wird, als ob der Kolben unmittelbar auf ihm lastete. Weil es die ganze Oberfläche des Bodens ist, welche diesen Druck von 100 Pfund trägt, so ist klar, daß die Hälfte der Oberfläche ihres Theils nur 50 Kilogrammes, und daß der hundertste Theil der Oberfläche nur $\frac{1}{100}$ des Totaldruckes erfährt, d. h. nur den Druck von 1 Pfund. Also

1) Der Druck pflanzt sich von oben nach unten durch die horizontalen Schichten fort, ohne in seiner Kraft irgend einen Verlust zu erleiden.

2) Er ist in jedem Punkte gleich.

3) Er ist proportional der Ausdehnung der in Betracht gezogenen Oberfläche. In Betreff der Seitenflächen findet dieselbe Erscheinung statt; denn wenn man in irgend einem Punkte eine Oeffnung machte, so würde die Flüssigkeit herausspringen, und wenn man einen Theil der Oberfläche ausschnitte, so würde sie herausgetrieben werden; wäre endlich der ausgeschnittene Theil der ganzen Breite des Kolbens gleich, so würden nicht weniger als 100 Pfund nöthig sein, um sie an ihrer Stelle zu erhalten, und wenn sie eine hundertmal geringere Ausdehnung hätte, so würde die Kraft Eines Pfundes hinreichen, sie zu halten. Wäre der Kolben selbst von einem Loche durchbohrt, so würde die Flüssigkeit von unten nach oben springen, welches beweist, daß die Wand des Kolben, eben so wie alle übrigen Wände, gedrückt wird. Die Flüssigkeiten pflanzen also die gegen ihre Oberfläche ausgeübten Drucke nach allen Richtungen gleichmäßig fort. Dieses Princip, welches zunächst für Flüssigkeiten ohne Schwere erörtert worden, findet volle Anwendung auf die schweren Flüssigkeiten, aber es gibt bei diesen Drucke, welche auf jedes Bestandtheilchen wirken, und eine Folge der ihnen eigenthümlichen Schwere sind.

Es finden zwei Bedingungen für das Gleichgewicht der Flüssigkeiten statt: erstens ist nöthig, daß die oberen und freien Bestandtheilchen eine gegen die sie sollicitirende Kraft senkrechte Oberfläche bilden; und zweitens daß jedes Bestandtheilchen der Masse in allen Richtungen gleiche und entgegengesetzte Drucke erfährt.

Betrachten wir zunächst die erste Bedingung des Gleichgewichts. Angenommen die Oberfläche sei nicht senkrecht gegen die Kraft, welche die Bestandtheilchen sollicitirt, sondern habe z. B. die Richtung a b c d e, (Fig. 356.) während die Kraft die Richtung der senkrechten v v hat. Dann würde eine kleine horizontale Schicht, wie bd von dem ganzen Gewicht der Bestandtheilchen gedrückt werden, welche sich über derselben befinden. Dieser Druck würde sich, wie wir eben gesehn haben, seitwärts fortpflanzen und das von diesem Seitendrucke getroffene Bestandtheilchen b, würde nach außen gestoßen werden, weil keine Kraft vorhanden ist, die es zurückhielte; es würde sich also fortbewegen, ein anderes würde an seine Stelle treten, und ebenfalls vertrieben werden; und dieses würde so lange sich fortsetzen, bis die Krümmung bcd sich gesenkt, und völlig horizontal geworden wäre. Eben dasselbe würde sich mit jedem

Theile der Flüssigkeit ereignen, welcher sich über irgend einem andern Punkte der Oberfläche befände; und das Gleichgewicht kann nur Statt finden, wenn kein freies Bestandtheilchen mehr zu fallen vermag, d. h. wenn alle in einer gegen die Kraft senkrechten Oberfläche geordnet sind. Aus dieser Bedingung des Gleichgewichtes erklärt sich die Erscheinung, daß jede Flüssigkeit, welche nur unter dem Einflusse der Schwere steht, horizontale Oberfläche anzunehmen strebt. Das ruhige Meer ordnet seine obern Bestandtheilchen zu einer den Mittelpunkt der Erde umgebenden Kugelfläche, weil bei ruhigem Meer nur die Schwere auf das Wasser wirkt und mithin die Oberfläche des Meeres in jedem Punkte senkrecht gegen die Richtung der Schwere sich formiren muß. Da nun die Richtung der Schwere stets der von jedem Punkte der Erdoberfläche nach dem Mittelpunkte der Erde gezogene Radius ist, so ergibt sich hieraus die Kugelfläche der Meeresoberfläche. Wirken aber noch andere Kräfte, außer der Schwere, gegen das Wasser des Meeres, so verändert es seine Kugelfläche, und am großartigsten tritt dieses in den Erscheinungen der Ebbe und Fluth auf, bei denen Sonne und Mond der Schwere zum Theil entgegenwirken. In den oben angeführten Beispielen, daß eine Flüssigkeit in einem Gefäße eine gekrümmte, aber der horizontalen sich nähernde Oberfläche annimmt, wirken drei Ursachen zusammen: 1) die Schwere, welche eine horizontale Oberfläche; 2) die Cohäsion der Bestandtheilchen der Flüssigkeit, welche eine kugelförmig gekrümmte Oberfläche; und 3) die Attraction der Wände des Gefäßes, welche eine nach der Form des Gefäßes eingebogene Oberfläche herzustellen strebt. Die Form ändert sich unter verschiedenen Bedingungen, je nach dem Verhältniß, in welchem die drei Kräfte: Schwere, Cohäsion und Attraction gegen einander stehen. Aus dem Principe von der Gleichheit des Druckes und ersten Bedingung des Gleichgewichts, von der so eben gesprochen wurde, ergeben sich mehre sehr wichtige Folgerungen.

1. Der Druck, den der Boden einer Flüssigkeit erfährt, ist gleich dem Gewicht einer Flüssigkeitssäule, welche den Boden zur Grundfläche und die Höhe des Niveau zur Höhe hat. Für ein cylindrisches Gefäß versteht sich der Satz von selbst. Da die Seitenwände nur perpendiculäre Drucke erfahren, so werden sie weder nach oben noch nach unten getrieben und können daher den Druck, welchen der Boden zu leiden hat, weder vermindern noch vermehren, und derselbe hat folglich das ganze Gewicht der Flüssigkeitssäule zu tragen. Uebrigens kann man den Satz aber auch durch den Versuch erproben. Auf dem Boden des cylindrischen Gefäßes ABCD (Fig. 357.) befindet sich ein beweglicher Kolben PP, der mit Hilfe eines Fadens von hinlänglicher Stärke emporgezogen werden kann. Dieser Faden ist nach seinem Austritt aus dem Gefäß über Rollen gelegt, fällt dann senkrecht herab und trägt an seinem äußeren Ende eine Wagschale, welche mit Gewichten belastet werden kann. Erst mißt man ein wie großes Gewicht auf die Wagschale gelegt werden muß um den Kolben eben nur zum Steigen zu bestimmen, dieses Gewicht gibt die Reibung des Kolbens in dem Cylinder an. Hierauf befestigt man den Faden und gießt in den Cylinder ein gewisses Gewicht Wasser, indem man zugleich in die Wagschale ein gleiches

Gewicht (von Metall) legt. Ueberläßt man den Faden nun sich selbst, so sieht man, daß das Gleichgewicht hergestellt ist, d. h. daß das Wasser den Kolben genau mit derselben Kraft niederzudrücken strebt, mit der ihn das Gewicht zu heben strebt. Einige Tropfen Wasser mehr in den Cylinder oder ein kleines Gewicht mehr auf die Wagschale heben das Gleichgewicht auf. Es ist klar, daß jeder Theil der Bodens z. B. jeder Quadratcentimeter, seinestheils das Gewicht derjenigen Flüssigkeitssäule trägt, deren Grundfläche er ist, und daß das Verhältniß, um daß es sich handelt, nicht nur für den Boden im Ganzen genommen gilt, sondern auch für einen jeden Theil desselben Geltung hat. Man kann denselben Versuch auch mit einem Gefäß, welches sich erweitert, Fig. 358, oder mit einem Gefäß, welches sich verengert, Fig. 359, anstellen, man findet immer, daß der Druck gegen den Boden gleich dem Gewicht der cylindrischen Säule ist, welche zur Grundfläche diesen Boden selbst und zur Höhe die Tiefe desselben vom Niveau hat. In dem ersten Falle ist also der Druck gegen den Boden geringer, als das Totalgewicht der im Gefäß enthaltenen Flüssigkeit und im Gegentheil größer in dem zweiten Falle. Dies zweite Resultat scheint auf den ersten Augenblick unbegreiflich; es scheint nicht wohl möglich, daß die Flüssigkeit ABCD Fig. 359., den Boden des Gefäßes eben so stark drückt, als dieses durch die Flüssigkeit ABRV der Fall sein würde. Aber genauere Betrachtung zeigt, daß die in den seitwärts liegenden Theilen CAR und DBV enthaltene Flüssigkeit zum Druck gegen den Boden nichts beitragen könnte, nicht mehr als hierauf die seitwärts liegenden Theile CAR und DBV in der Fig. 358. dazu beitragen. Es ist hiernach ganz gleichgiltig, von welcher Gestalt ein Gefäß sei. Um den Druck auf irgend einen Theil des Bodens kennen zu lernen, muß man stets die senkrechte cylindrische Säule betrachten, welche diesen Theil selbst zur Grundfläche und die Höhe des Niveau's zur Höhe hat. Es ist häufig nöthig, diesen Druck auf allgemeine Weise auszudrücken. Es sei S der Theil der horizontalen Oberfläche, welche man betrachtet, H die Höhe des Niveau über dieser Oberfläche, D die Dichte der Flüssigkeit; so wird der Druck durch SHD ausgedrückt werden, denn SH ist das Volumen der Flüssigkeitssäule und um das Gewicht zu haben, muß man das Volumen mit der Dichte multipliciren. Mit einem Liter Wasser, welcher ein Kilogramm wiegt, kann man gegen den Boden eines Gefäßes einen sehr geringen, aber auch einen unendlich großen Druck ausüben. Soll der Druck z. B. ein Kilogramm betragen, so braucht man nur ein cylindrisches Gefäß von beliebiger Grundfläche zu nehmen, der Totaldruck wird immer gleich dem Gewichte der Flüssigkeit sein, d. h. immer gleich einem Kilogramm, nur der Druck gegen jedes Quadratcentimeter des Bodens wird kleiner oder größer sein, je nachdem das Gefäß weiter oder enger ist. Soll der Druck $\frac{1}{10}$ Kilogramm betragen, so muß man z. B. ein Gefäß nehmen, dessen Grundfläche ein Quadratcentimeter beträgt und welches so ausgehohlt ist, daß der Liter Wasser nur $\frac{1}{10}$ Decimeter oder ein Centimeter Höhe annimmt. Soll der Druck 10 Kilogramm betragen, so braucht man nur eines Gefäßes sich zu bedienen, dessen Grundfläche z. B. ein Quadratdecimeter be-

trägt, das aber so verengert ist, daß der Liter Wasser darin eine Höhe von 10 Decimetern oder von ein Meter einnimmt. Ein Apparat, mit Hilfe dessen man diese Grundeigenthümlichkeit der Flüssigkeiten bei weitem leichter zeigen kann, besteht aus einer horizontalen Röhre von Eisen oder Kupfer (Fig. 360.), die an ihren beiden Enden senkrecht emporgeht. Auf der einen Seite geht sie in einen Behälter von einigen Zoll Breite aus, auf den man Gefäße von allen Formen schrauben kann, welche denselben Boden haben; auf der andern Seite endet sie in einer Glasröhre von einigen Linien Durchmesser, über welche man einen Index schieben kann. Man gießt in dieselbe Quecksilber und der Punkt, wo dasselbe in dem kleinen Arme stehen bleibt, ist die erste Stellung des Index. Nachdem man auf den Behälter eines der Gefäße, mit dem man den Versuch anstellen will, aufgeschraubt hat, erfüllt man dasselbe bis zu einer bekannten Höhe mit Wasser; der sich hieraus ergebende Druck bewirkt ein Steigen des Quecksilbers in dem kleinen Arme und man merkt den Punkt an, bei welchem es stehen bleibt. Ein zweites Gefäß von ganz anderer Gestalt wird an die Stelle des ersten gebracht; man macht mit ihm denselben Versuch, indem man Wasser bis zu derselben Höhe hineingießt, und man wird stets finden, daß in dem kleinen Arme die Quecksilbersäule an demselben Punkte stehen bleibt. Welches also auch die Gestalt der Gefäße sein mag, die darin enthaltenen Flüssigkeiten üben denselben Drucke gegen ihren Boden aus, wenn das Niveau dasselbe ist.

Die verticalen Drucke der Flüssigkeiten wirken nicht nur gegen den Boden der Gefäße, sondern auch gegen alle Punkte im Innern der Masse und pflanzen sich gemäß dem Principe der Gleichheit des Druckes nach allen Seiten fort, woraus sich ein bemerkenswerthes Grundphänomen ergibt. Nehmen wir im Innern der flüssigen Masse eine Lage mm′ (Fig.361.) an, welche parallel der Oberfläche des Niveau nn′ sei; so werden alle Bestandtheilchen, aus denen diese Lage besteht, offenbar von der ganzen auf ihnen ruhenden Last gedrückt; sie verhalten sich, als ob sie einen Kolben zu ertragen hätten, dessen Gewicht dem Gewichte des Flüssigkeitscylinders nn′mm′ gleich wäre. Aber dieser Druck, den sie von oben nach unten erleidet, pflanzt sich nach dem Princip der Gleichheit des Druckes von unten nach oben fort und jedes ihrer Bestandtheilchen ist nur durch die Gleichzeitigkeit dieser entgegengesetzten Drucke im Gleichgewicht. Betrachtet man mithin nur einen Theil ab dieser Lage, so begreift man leicht, daß die Fläche ab gleichzeitig gedrückt wird, von oben nach unten durch die Flüssigkeitssäule dabc und von unten nach oben durch eine jener genau gleiche Kraft; so daß wenn ein fester Cylinder in das Wasser getaucht worden wäre und seine Grundfläche gegen die Fläche ab sich stützte, dieser Druck von unten nach oben gegen den Cylinder wirken und ihn herauszustoßen streben würde. Diese Folgerung wird durch folgenden Versuch nachgewiesen: vv′rr′ (Fig.362.) ist eine etwas dicke Glasröhre, welche an ihrem unteren Ende wohl geebnet ist; tt′ ist eine Scheibe von mattgeschliffenem Glase, welche gleichmäßig eben ist (die Schließplatte); sie ist an einen Faden befestigt, welcher in die Röhre reicht, so daß, wenn

der Faden angezogen wird, die Schließplatte die Röhre verschließt. Man verschließt die Röhre auf diese Weise und senkt sie in das Wasser. Dann ist es nicht mehr nöthig, den Faden anzuziehen um das Herabfallen der Schließplatte zu verhindern, weil sie mit dem ganzen Druck nach oben gestoßen wird, welcher gegen ihre Oberfläche wirkt, und dieser Druck ist gleich demjenigen, welchen sie von oben nach unten erdulden würde, wenn sie allein, ohne die Röhre, in das Wasser bis zu derselben Tiefe gesenkt worden wäre. Um dieß zu beweisen, gießt man Wasser in die Röhre. So wie das innere Niveau dem äußeren nn' nahe kommt, wird die Schließplatte eben so sehr von oben nach unten gestoßen, als sie von unten nach oben gestoßen wurde und man überzeugt sich in der That, daß sie durch ihr eigenes Gewicht herabfällt. Entsteht mithin im Boden eines Schiffes ein Loch, so wird das Wasser im Augenblicke emporspringen und um es abzuhalten müßte man einen Druck ausüben, welcher gleich dem Gewichte einer Wassersäule wäre vom Durchmesser der Oeffnung und von einer Höhe gleich der Tiefe des Schiffsbodens unter dem Niveau des Meeres. Daher muß der Kiel bei großen Schiffen eine bedeutende Stärke haben, um dem Drucke von unten nach oben Widerstand leisten zu können, welcher gegen den Boden des Schiffes wirkt.

Der Druck zweitens, welchen eine Seitenwand erträgt, ist gleich dem Gewicht einer Flüssigkeitssäule, die zur senkrechten Höhe die Tiefe des Schwerpunktes der Wand unter dem Niveau, und zur horizontalen Grundfläche eine der Wand selbst gleiche Fläche hat. — Die Seitendrucke werden von den entsprechenden horizontalen Drucken, mittels des Principes von der Gleichheit des Druckes abgeleitet. Da der Punkt m (Fig. 361.) einen Theil der horizontalen Lage mm' ausmacht, so pflanzt diese Lage auf ihn den Druck fort, welchen sie selbst erleidet; sie setzt ihn nach allen Richtungen fort und mithin empfängt ihn der Punkt m in senkrechter Richtung gegen die Wand, von der er einen Theil ausmacht. Mithin erleidet jede Ausdehnung einer Seitenwand denselben Druck wie eine gleiche Ausdehnung der ihr entsprechenden horizontalen Schicht. Die Formel SHD drückt folglich auch die Seitendrucke aus, nur muß die Fläche S hinreichend schmal der Höhe nach sein, damit der Druck in ihrer ganzen Ausdehnung ziemlich derselbe sei. In einem Wassergefäß von 10 Meter Höhe ist also der Druck gegen ein Quadratcentimeter der Seitenwand 100 Grammes bei 1 Meter Tiefe; 200 Grammes bei 2 Meter und 1 Kilogramm bei 10 Meter, d. h. unmittelbar am Boden. Um die Summe der Seitendrucke zu haben, welche eine ebene Wand erleidet, sie mag nun dreieckig, vieleckig oder von irgend einer Gestalt sein, braucht man nur die Resultante eines Systemes von Kräften zu suchen, welche sämmtlich parallel sind, aber im Verhältniß der Tiefe wachsen, und auch im Verhältniß der horizontalen Ausdehnung des in Betracht gezogenen Theiles der Wand. Durch diese Zusammensetzung der Kräfte gelangt man in Betreff der Seitendrucke zu dem ausgesprochenen allgemeinen Satze.

Der Angriffspunkt der Resultante aller sie ergebenden Drucke ist der Punkt, welcher der Mittelpunkt oder das Centrum des Druckes heißt.

Er liegt stets tiefer als der Schwerpunkt, indem er mit ihm zusammenfallen würde, wenn die Kräfte nicht mit der Tiefe zunähmen. In einer Wand, welche die Gestalt eines Parallelogrammes hat, befindet sich das Centrum des Drucks auf der Linie, welche die horizontalen Seiten halbirt und bei $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe über dem Boden. In einer dreieckigen Wand, deren Basis am Boden liegt, befindet er sich bei $\frac{1}{4}$ einer analogen Linie, und dagegen wenn die Basis dem Wasser gleichsteht bei $\frac{1}{2}$.

Die zweite Bedingung des Gleichgewichts ist, daß ein jedes Bestandtheilchen der Masse nach allen Richtungen zwei gleiche und entgegengesetzte Drucke erleide. Es ist klar, daß diese Bedingung nothwendig und daß sie für das Gleichgewicht des Innern hinreichend ist, wie die erste hinreichend für das Gleichgewicht der Oberfläche ist. Ein Beispiel wird die Nothwendigkeit noch einleuchtender machen. Gesetzt, man hätte in das Gefäß ABCD (Fig. 363) für einen Augenblick Wasser und Quecksilber in der Art gebracht, daß die Oberflächen Dm und mC wohl nivellirt wären und Lm die Berührungsfläche beider Flüssigkeiten wäre. Die erste Bedingung des Gleichgewichts wäre erfüllt, und dennoch wird kein Gleichgewicht Statt finden; denn im Punkte o z. B. wären die entgegengesetzten Seitendrucke nicht gleich. Da der Druck von der Seite des Quecksilbers viel stärker ist, so werden die Bestandtheilchen dieser Flüssigkeit nach dem Boden sich senken und hier sich in Niveau stellen. Im Allgemeinen: mischt man verschiedene Flüssigkeiten in demselben Gefäße, so werden sie sich stets so arrangiren, daß jede von ihnen eine horizontale Oberfläche bildet, dieses ist die einzige Anordnung, durch welche die zweite Bedingung des Gleichgewichtes erfüllt werden kann. Befinden sich nach der Ordnung der Dichten die schwersten Flüssigkeiten zu unterst, so findet stabiles Gleichgewicht, bei jeder anderen Anordnung findet nur instables Gleichgewicht statt. Sobald das Gefäß mit den übereinander gelagerten Flüssigkeiten von einer kleinen Erschütterung getroffen wird, verlieren die Zwischenebenen ihre regelmäßige Horizontalität und wogen auf; und in Folge dieser Bewegung sinken die schwereren Flüssigkeiten herab und die leichteren steigen hinauf.

Sobald mehre Gefäße mit einander in Verbindung stehen, so sind, wie groß auch die Anzahl und wie auch die Gestalt der Gefäße sein mag, die Flüssigkeiten, welche sie enthalten, den beiden eben erwähnten Gesetzen des Gleichgewichts unterworfen. Ist es dieselbe Flüssigkeit, welche in allen Gefäßen enthalten ist, so müssen nach der ersten Bedingung alle Oberflächen Niveaus (parallel der Horizontalebene) sein und nach der zweiten Bedingung alle von demselben Niveau (von derselben Höhe) sein; denn ohne dieß würden die Niveaulagen im Innern der Masse nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmäßig gedrückt sein. Wäre z. B. bei dem Gefäße (Fig. 364.) das Niveau des großen Armes in ab statt in NN′, auf derselben Linie wie nn′; so würde die Niveaulage Cc′ in CC′ und cc′ nicht gleichmäßig gedrückt werden, und das Gleichgewicht würde nicht Statt finden, weil eine jede Niveaulage, stets gleichmäßig in ihrer ganzen Ausdehnung gedrückt werden sollte. Wenn die Flüssigkeiten verschieden sind, so müssen die Oberflächen verschiedenes Niveau haben. In dem Gefäße Fig. 365. befindet sich Wasser

in dem großen Arme und Quecksilber in dem kleinen. Die Flüssigkeiten berühren sich in g. Man ziehe die Horizontale g h. Wenn die Schnitte nichts über sich hätten, so würde das Gleichgewicht Statt finden; zur Herstellung des Gleichgewichtes ist also nöthig, daß sie auf jedem Punkt ihrer Ausdehnung gleich gedrückt werden, der eine durch das Wasser und der andere durch das Quecksilber. Nun aber erleidet ein Theil S des Schnittes g einen Druck $= SHD$, wenn H die Höhe des Wassers über g, und D seine Dichte bezeichnet. Eben so erleidet ein gleicher Theil des Schnittes h einen Druck $= SD'H'$ wenn H' die Höhe des Quecksilbers über h und D' die Dichte desselben bezeichnet. Es muß folglich sein $S.HD = S.H'D'$, oder $\frac{H}{H'} = \frac{D'}{D}$; d. h. die Höhen über der Vereinigungsebene der Flüssigkeiten stehen im umgekehrten Verhältnisse der Dichten: also hält 1 Zoll Quecksilber ungefähr 14 Zoll Wasser das Gleichgewicht. Die Vereinigung der Flächen könnte sich jedoch in einer nicht horizontalen Linie bilden, wie z. B., wenn man hinreichendes Wasser in das Gefäß göße, um die Quecksilbersäule bis s i zurück zu drängen; aber in diesem Falle begreift man, daß in diesem Schnitt, wenn die Seitendrucke auf jeder Seite gleich sind, sie es nicht mehr für die Bestandtheilchen sein können, welche höher oder tiefer liegen. Am oberen Rande in s überwiegt der Druck des Wassers und am untern Rande i dagegen der Druck des Quecksilbers. Daher strebt die Vereinigungsfläche die Gestalt s'i' anzunehmen und endlich geht das Wasser in den kleinen, das Quecksilber in den großen Arm, bis sich endlich eine andere Art des Gleichgewichts herstellt. In Röhren, welche weniger als Eine Linie Oeffnung haben, kommt dieser Erfolg nicht zu Stande, die Säulen sind zu eng um sich zu theilen, die Cohäsion der Bestandtheilchen jeder Flüssigkeit reicht hin, der Ungleichheit des Druckes Widerstand zu leisten, welche zwischen dem oberen und dem unteren Rande Statt findet.

Die Lehre vom Gleichgewicht der tropfbaren Flüssigkeiten, deren Hauptsätze so eben vorgetragen worden, macht denjenigen Theil der Physik aus, welcher den Namen der Hydrostatik führt. Daran schließt sich die Lehre vom Gleichgewicht der schwimmenden und in Flüssigkeiten eingetauchten Körper (s. d. Art. Schwimmen) und endlich die Hydrodynamik und Hydraulik, d. h. die Lehre von den Principien der Bewegung der Flüssigkeiten und der Anwendung dieser Principien zur Herstellung von Wasserleitungen und zur Bewegung von Maschinen (s. d. Art. Springbrunnen). Vergl. d. Art. Mechanik.

U.

Undurchdringlichkeit wird die allgemeine Eigenschaft der Körper genannt, nach welcher nicht zwei oder mehre zugleich an demselben Orte sich befinden können. Es ist nicht möglich daß zwei an demselben Orte und doch verschieden sind. In der Chemie kann von Un-

durchdringlichkeit nicht die Rede sein, insofern in jedem zusammengesetzten Stoffe mehre (einfache) Stoffe so innig durchdrungen sind, daß an jedem Punkte jeder derselben vorhanden ist. Da sich aber der zusammengesetzte Stoff als ein anderer gegen jeden der ihn constituirenden einfachen Stoffe verhält, so findet im Grunde dennoch auch hier Undurchdringlichkeit statt.

Uran ist ein schweres unedles Metall, welches 1789 von Klaproth entdeckt worden ist und sich als Oxydul in der Pechblende, als Oxyd im Uranocher, mit Phosphorsäure und Schwefelsäure verbunden als Uranglimmer, u. s. w. findet. Es bildet im reinen Zustande ein braunes oder schwarzes, auch metallisch glänzendes Pulver. Das letztere erscheint aus sehr kleinen regelmäßigen Oktaedern zusammen gesetzt, welche an den Kanten etwas durchscheinend sind. In der Kälte nimmt es keinen Sauerstoff aus der Luft auf, verbrennt aber beim Erhitzen wie Kohle. In Wasser oxydirt es sich nicht, Salzsäure und Schwefelsäure lösen es nicht auf, sehr leicht aber Salpetersäure. Das Uranoxydul ist eine schwarze feste Masse oder ein schmuzig-grünes Pulver. Mit Wasser bildet es ein grau-grünes oder braunes Hydrat, mit Säuren die Uranoxydulsalze, welche grün sind und herb schmecken. — Das Uranoxyd kommt natürlich als Hydrat, Uranocher vor, der eine gelbe zerreibliche Substanz ist. Mit Säuren gibt es die Uranoxydsalze, gelbe, meist im Wasser lösliche Verbindungen. Mit stärkeren Basen gibt das Uranoxyd gelbe unlösliche Verbindungen: die uransauren Salze. — Mit Chlor geht Uran zwei Verbindungen ein: Das salzsaure Uranoxydul (Uranchlorür) und das salzsaure Uranoxyd, (Uranchlorid) dunkelgrüne und gelblichgrüne, an der Luft zerfließende Salze. — Das Schwefeluran ist schwarz, verbrennt beim Erhitzen an der Luft und hinterläßt Oxydul. — Man bedient sich des Oxyduls und des Oxyds in der Porzellanmalerei.

Uranus (v. d. griech. Urgott: Οὐρανός d. h. Himmel) heißt der äußerste Planet des Sonnensystems, welcher sich in einer mittleren Entfernung von 400 Millionen Meilen um die Sonne bewegt. Der Umfang seiner Bahn beträgt 2425 Millionen Meilen und dieselbe ist ziemlich kreisförmig, so daß der Planet sich der Sonne im Perihelium nur bis auf 382 Mill. Meilen nähert, im Aphelium sich nur bis auf 419 Mill. Meilen von derselben entfernt. Von der Erde ist Uranus zur Zeit der Opposition 348 und zur Zeit der Conjunction 424 Mill. Meil. entfernt. Im ersten Falle hat er einen scheinbaren Durchmesser von 4,3, im letzteren einen Durchmesser von 3,5 Sec. Er erscheint nur als ein Stern sechster Größe und kann daher nur von sehr guten Augen ohne Fernrohr wahrgenommen werden. Sein wirklicher Durchmesser ist 7500 Meil. Herschel hat den Uranus am 13 May 1781 beobachtet und zuerst als Planeten erkannt, zu welchem Schluß ihm die bemerkbare Scheibe des Sternes (Fixsterne haben keinen Durchmesser)

und seine Bewegung unter den Fixsternen Veranlassung gab *). Der Uranus legt seine große Bahn in nahe 84 Jahren, oder genauer in 30687 Tagen einmal zurück; seine Oberfläche ist nahe 18 mal als die der Erde und sein Volumen nahe 76 mal so groß als das der Erde. Seine Masse ist 17 mal größer als die Erdmasse, mithin die mittlere Dichte desselben nur $\frac{1}{5}$ der Dichte der Erde, ungefähr gleich der Dichte des Wassers. Der freie Fall der Körper auf dem Uranus beträgt $14\frac{1}{2}$ Fuß in der ersten Secunde. Die Geschwindigkeit des Uranus in seiner Bahn ist nur $\frac{1}{7}$ von der Geschwindigkeit der Erde. Er legt in jeder Sec. ungefähr 1 deutsche Meile zurück und ist der langsamste unter allen Planeten. Die Sonne erscheint vom Uranus aus mit einem scheinbaren Durchmesser von 100 Secunden d. h. 19 mal kleiner als uns die Sonne erscheint. Die Beleuchtung des Uranus ist wie die Oberfläche der Sonne 360 mal kleiner als auf der Erde. Man kann auf der Oberfläche des Uranus keine Flecken oder Streifen erkennen, welche bei andern Planeten ein Mittel zu Berechnung der Umdrehungszeit um die Achse geben. Daher ist die Rotation des Uranus unbekannt. Doch kann man aus dem Umstande, daß Herschel die Scheibe des Uranus bedeutend abgeplattet fand, auf eine sehr schnelle Rotation desselben schließen. Herschel entdeckte auch 6 Monde des Uranus, deren Bahnen auf der Bahn des Uranus beinahe senkrecht stehen. Vergl. d. Art. Nebenplaneten. — Das Zeichen des Uranus ist ♅. — Vergl. d. Art. Planeten.

V.

Vanadin, ein 1830 von Sefström entdecktes schweres unedles Metall, welches sich in einem schwedischen Eisenerze in Smaland findet. Es ist ein fast silberweißes glänzendes, dem Molybdän ähnliches, schweres, unschmelzbares Pulver, welches die Elektricität gut leitet. Es oxydirt an der Luft nicht, verliert jedoch allmählig an Glanz und wird röthlich. In der Glühhitze entzündet es sich und verbrennt zu Oxyd. Im Wasser oxydirt es sich nicht und nur Salpetersäure und Königswasser lösen es auf. Die Auflösungen haben eine schöne blaue Farbe. — Das Va-

*) Der Uranus ist daher auch, namentlich von den Franzosen, Herschels Planet genannt worden. Bode schlug den Namen Uranus vor, und Herschel selbst nannte den neuen Planeten, zu Ehren des Königs von England: Georgsplanet. Herschel erhielt für seine Entdeckung vom König von England einen Jahrgehalt von 300 Pf. Sterling und freie Wohnung zu Datchat bei Windsor, wurde von der königl. Societät zum Mitglied aufgenommen und mit der Capleyschen Medaille beehrt, welche jährlich zur Belohnung der wichtigsten Entdeckungen ausgesetzt ist; die Universität Oxford ertheilte ihm die Doctorwürde.

nadinsuboxyd ist ein schwarzes, zum Theil wenig metallisch glänzendes Pulver, in Wasser, Säuren und Alkalien, bei Ausschluß der Luft, unauflöslich, ein guter Leiter der Elektricität und oxydirt sich bei Einwirkung von Luft und Wasser und wird grün. Beim Erhitzen an der Luft verbrennt es wie Zunder zu Oxyd. — Das Vanadinoxyd ist eine schwarze, erdige, unschmelzbare, im Wasser unlösliche Masse. Es bildet aber mit Wasser ein grauweißes Hydrat und mit Säuren die Vanadinoxydsalze, so wie mit stärkeren Basen vanadinichtsaure Salze. — Die Vanadinsäure ist ein rostgelbes oder ziegelrothes Pulver, welches in gelinder Glühhitze schmilzt und beim Erkalten zu einer glänzend rothen, nicht flüchtigen krystallinischen Masse erstarrt. Sie ist im Wasser etwas löslich und röthet feuchtes Lakmus. Mit Säuren bildet sie meistens rothe oder zitrongelbe Salze von starkzusammenziehendem Geschmack. Mit Basen gibt sie vanadinsaure Salze. Auch mit Vanadinoxyd verbindet sich die Vanadinsäure in verschiedenen Verhältnissen und bildet zum Theil prächtig purpurfarbene, orangefarbene oder schöne grüne Auflösungen. — Das einfache Chlorvanadin (Vanadinchlorür) ist im wasserhaltigen Zustande als salzsaures Vanadinoxyd bekannt, blau oder braun. Das anderthalb (dreifach) Chlorvanadin (Vanadinchlorid) ist eine hellgelbe Flüssigkeit, die an der Luft rothgelbe Dämpfe ausstößt, in der Hitze flüchtig ist. Im Wasser ist sie sehr löslich zu einer sich (von sich ausscheidenden Vanadinsäure) trübenden Flüssigkeit, welche sich in mehr Wasser als eine gelbliche Flüssigkeit von salzsaurer Vanadinsäure wieder löst, welche an der Luft unter Chlorentwickelung erst grün, dann blau wird. Mit Ammoniak verdichtet sich das Chlorid zu einer festen weißen Salzmasse, anderthalb Chlorvanadin-Ammoniak, welches in der Hitze unter Zurücklassung von Vanadin zerlegt wird. — Aehnliche Verbindungen wie Chlor, gehen auch Brom, Jod und Fluor mit Vanadin ein. Von Schweflungsstufen sind zwei bekannt.

Ventilator, (v. d. lat. ventus Wind) ein Apparat um aus einem eingeschlossenen Raume verdorbene Luft auszuführen und frische Luft in denselben einzubringen. Die Ventilatoren sind theils Instrumente, welche förmlich zum Ausschöpfen der Luft eingerichtet sind, theils Vorrichtungen um das Ausströmen erwärmter und darum zugleich sich ausdehnender Luft und dafür Einströmen frischer Luft zu erlauben und zu befördern. Zu den letzten gehört der allgemein gebräuchliche sehr einfache Radventilator. Man bringt denselben gewöhnlich in Fenstern an. Er besteht aus einem etwa $2\frac{1}{2}$ Z. weiten kurzen Blechcylinder, welcher nach der Seite des Zimmers durch einen Deckel verschlossen werden kann. Mitten durch den Cylinder gehen zwei schmale Leisten, welche in der Mitte mit Löchern, die als Zapfenlager dienen, versehen sind, und zwischen denen sich ein Rad, senkrecht auf die Axe des Cylinders leicht umdrehen kann. Dieses Rad, im Durchmesser etwas kleiner als der Cylinder, besteht aus windmühlflügelartigen Blechblättern, welche fächerartig rings um den Mittelpunkt des Rades herumgestellt sind, so daß zwischen je zwei Blättern ein Durchweg bleibt und die eine

Kante jedes Blattes über einer Kante des ihm folgenden Blattes steht; sie sind mithin sämmtlich schief gestellt. Da sie sich im obern Theile des Zimmers befinden, nach welchem die erwärmte Luft aufsteigt, so drängt sich diese zwischen den einzelnen Flügeln des Rades hindurch und bringt dadurch das Rad zur Umdrehung. — Von dem Bestreben des Einstreichens kalter Luft in ein erwärmtes Zimmer und des Ausstreichens der warmen Luft aus demselben, kann man sich überzeugen, wenn man die Thüre öffnet, welche ein geheiztes Zimmer mit einem ungeheizten verbindet. Schon das Gefühl zeigt oben einen ausströmenden warmen, unten einen einströmenden kalten Luftzug an, noch deutlicher aber wird die Richtung des Luftzugs, wenn man ein brennendes Licht in die Thüröffnung hält. Unten am Boden wird die Lichtflamme in das erwärmte Zimmer hereingetrieben, oben wird sie aus demselben herausgetrieben (gleichsam als bliese man mit einem Löthrohr gegen die Flamme). In der Mitte gibt es eine Stelle, wo die Flamme gerade in die Höhe brennt. Es liegt nach dieser Beobachtung sehr nah, einen Ventilator in der Art herzustellen, daß man sowohl von dem oberen Theil eines Zimmers einen Kanal führt, welcher die erwärmte und durch den Aufenthalt von Menschen u. s. w. verdorbene Luft abführt, als einen andern Kanal in den untern Theil des Zimmers leitet, welcher frische Luft einführt. Des letzteren kann man in vielen Fällen entbehren, weil kein Zimmer so fest verschlossen zu sein pflegt, daß nicht Luft von außen allmählig einzutreten vermöchte, wenn die Luft im Zimmer selbst nur einen Ausweg hat. Anstatt die frische Luft in den untern Theil des Zimmers zu führen, welches einen unangenehmen Zug an die Füße verursachen würde, der Erkältungen veranlassen kann, schlägt Cavallo vor, aus einer Oeffnung in der Decke eine Röhre an der äußeren Mauer herabzuführen und sie in der Nähe des Erdbodens münden zu lassen. Durch diese Röhre steige dann frische Luft in demselben Maße auf, als sich durch die andere nach oben gehende Röhre Luft entfernt, und die kalte Luft mische sich von oben allmählig mit der Zimmerluft, ohne eine merkliche Kälte zu bewirken.

Eine einfache Einrichtung hat de l'Isle de St. Martin angegeben. Es wird durch eine verticale Röhre (Fig. 366.) vt die Luft ausgeführt; abcd ist die Mündung dieser Röhre, ablp der untere, nmq der obere Hut; r ein Kasten, in welchem sich die untere Oeffnung der verticalen Röhre vt endigt, mit Oeffnungen s, x versehen, welche durch Schieber bald mehr, bald weniger geöffnet werden können. Die Größe dieser Einrichtung richtet sich bloß nach der Oeffnung abcd. Hat man diese bestimmt, so erhält dadurch der untere Hut seine Form, daß man $bf = bl = 1\frac{1}{2}\ ab$ nimmt. Um die Größe des obern Hutes zu bestimmen, wird auf dem verlängerten Durchmesser ab, $bm = 1\frac{1}{4}\ ab$, und $bn = ab$ auf bm senkrecht genommen. Dieser obere Hut wird durch vier Streben, wie mo, an den untern befestigt. Befindet sich der Kasten r im Zimmer, und die Röhre vt geht mit den beiden Hüten in die freie Luft hinaus, so wird dadurch ein beständiges Ausströmen der Luft aus dem Zimmer durch die Röhre vt bewirkt. Auf solche Art steigt nämlich die wärmere und leichtere Luft des Zim-

mers durch v t auf, schlägt gegen n an, und wird durch die Form der Hüte so abgeleitet, daß daraus ein Luftzug zwischen beiden Hüten entsteht. Durch diesen Luftzug wird nach der Erklärung des Erfinders der Druck der Atmosphäre auf die Oeffnung a b c d in etwas geschwächt, welches verursacht, daß das Ausströmen der elastischern Luft des Zimmers ununterbrochen fortdauert. Man kann sich hiervon durch die Erfahrung überzeugen, wenn man die Schieber s, x verschließt, in die Seite z ein offenes Rohr einsetzt, und an dessen Ende eine Lichtflamme hält. Denn wenn man alsdann durch Blasen einen Luftzug zwischen den beiden Hüten bewirkt, so wird die Flamme sogleich in die Oeffnung der Röhre hineingetrieben, welches ein deutlicher Beweis des Einströmens der Luft ist. Wenn zwei Röhren als Ventilatorvorrichtung angebracht sind, so wird derjenige, welcher die verdorbene Luft ausführt, der Saugventilator genannt, der andere, welcher frische Luft einführt, der Druckventilator. Da der Fall sein kann, daß der Unterschied der specif. Gewichte der innern und äußern Luft, durch den die Strömung veranlaßt wird, zu gering sei, um die Ventilatoren in gehörige Thätigkeit zu setzen, so schlägt Parrot eine Einrichtung vor die Wirksamkeit beider Ventilatoren zu erhöhen. Der Druckventilator hat mit den angeführten Ventilatoren de l'Isle de St. Martin Aehnlichkeit.

Es ist nämlich (Fig. 366.) c t eine an beiden Enden offene Röhre. Auf ihrer obern Mündung sitzt ein abgekürzter Kegel a b l p, welcher an seiner obern Fläche offen ist, und damit auf die Mündung der Röhre paßt. Gerade über diesem ist ein zweiter abgekürzter Kegel n m q, dem erstern gleich und ähnlich, so daß die untere Grundfläche des obern mit der obern des untern in einerlei horizontalen Ebene liegt. Die untere Mündung der Röhre ist an einem überall genau verschlossenen Behältnisse r s, mit welchem sie verbunden ist, befestigt. Aus diesem Behältniß gehen Röhren in alle Zimmer, in welchen die Luft gereinigt werden soll. Das ganze Behältniß wird im obern Theile des Hauses angebracht, und die Röhre c t muß so weit sein, daß ihr Durchschnitt gerade doppelt so viele Quadratzolle enthält, als Menschen sind, für welche die Maschine die Luft reinigen soll. In anderer Rücksicht muß ihre Mündung so groß sein, als die Summe der Mündungen aller in die Zimmer gehenden Röhren. Ihre Länge ist so groß, daß die beiden Kegel über das Dach hervorragen, und so frei stehen, daß jeder benachbarte Gegenstand wenigstens 20 Fuß davon entfernt sei. Bläst nun der Wind zwischen m l hinein, so streift er auf der untern Kegelfläche über der Mündung der Röhre, und saugt die Luft aus derselben heraus, mithin auch aus den Luftröhren und Zimmern. Parrot stellt nun auf Erfahrungen gegründete Untersuchungen über die Wirkungen des Windes an, wenn er in vorgeschriebenen Wegen auf eine schiefe Ebene stößt, und sucht daraus die fächerförmige Ausbreitung desselben (amplitudo reflexionis) zu bestimmen. — Der Kasten r s dient hauptsächlich dazu, damit man feste Punkte erhalte, um communicirende Röhren anzubringen. Die Entfernungen der Mündungen der Leitröhren von der Mündung t hängen von der Geschwindigkeit des Luftstroms ab. Parrot zeigt, daß keine größere Geschwindigkeit als die von 1 Fuß

in einer Secunde nöthig sei, daher es hinreichend ist, wenn zur Breite und Länge des Kastens nebst dem Durchmesser von t c, und zur Höhe die Länge von 1 Fuß 1 Zoll, nebst dem Durchmesser einer Leitröhre genommen werden. Die Mündung der Leitröhre selbst kommt ein Zoll über den Boden des Kastens. Sollte eine Seite des Kastens frei von Röhren sein, so muß diese Seite von der Röhre t c nur ein Zoll entfernt sein. Uebrigens muß man nirgends ein Knie an den Leitröhren anbringen, sondern daselbst, wo etwa eine andere Richtung der Luftröhre nöthig wäre, einen Nebenkasten anbringen, dessen Dimensionen aber nur halb so groß sind, als bei dem Hauptkasten r s. Der Winkel, welchen die Seite des Kegels mit seiner Grundfläche macht, muß 24 bis 25 Grad betragen; der obere Durchmesser des Kegels ist allemal der dritte Theil des untern. Der Raum zwischen beiden Kegeln ist in 8 Kammern abgetheilt, deren Wände den obern Kegel tragen, und verlängert durch die Axe der Röhre t c gehen; ihre Länge beträgt aber nicht mehr als die Hälfte des Halbmessers, womit die größere Grundfläche des Kegels beschrieben worden, oder $\frac{3}{4}$ von der Seite des Kegels. Auf solche Art ist die äußere Oeffnung jeder Kammer beinahe dem Durchmesser der kleinern Grundfläche des Kegels gleich. Bläst nun der Wind in die ihm entgegenstehende Kammer, so füllt er sie mit einem Strome, dessen Dichtigkeit gegen den Mittelpunkt immer zunimmt. Wo aber die Wände aufhören, wirkt dieser Strom durch Adhäsion, oder, wie sich Parrot ausdrückt, durch Friction, und bringt daher über der Oeffnung a b eine Ausdehnung der Luft hervor. Die Oeffnung n des obern Kegels darf nicht unbedeckt bleiben, denn sonst würden nicht allein die obersten Windstrahlen ohne Saugung unbenutzt zur Oeffnung hinausgehen, sondern sie würden auch zwischen den Seitenflächen der Kegel einen Raum mit verdünnter Luft verursachen, wodurch der einströmende Luftstrom nicht gerade auf der Seitenfläche des untern Kegels fortgleiten könne, sondern über dieselben emporgehoben werde. Man verschließt daher die obere Oeffnung mit einer kreisförmigen Scheibe, welche von außen zum Ablaufen des Regens etwas erhaben gemacht werden kann. Was die Wirkung der Maschine betrifft, so berechnet Parrot, daß die Geschwindigkeit, womit die Luft herausgesogen wird, sich zu der, mit welcher der Wind von außen zwischen die Kegel bläst wie 2 zu 5 verhält. Mannichfaltige Versuche, die er mit Ventilatoren von allen Gattungen und Größen bis auf 2 Fuß im Durchmesser gemacht hatte, bestätigten diese Theorie. — Die Wirkung des Saugventilators würde aber bald aufhören, wenn die Luft, die er fängt, nicht augenblicklich wieder ersetzt wird. Zu dieser Absicht wäre nun schon eine bloße Oeffnung, ein Windrädchen oder eine Röhre, die in die freie Luft reicht, hinlänglich. Allein um die Wirkung der Saugmaschine zu vermehren, gibt Parrot einen eignen Druckventilator an, welcher eine gewisse Quantität frischer Luft in den zu reinigenden Ort preßt. Hierzu wird ein Kasten mit den Leitröhren und der Röhre t c, wie im vorigen, angelegt, nur der Kopf wird so umgekehrt, daß die größern Grundflächen der Kegel sich aufwärts kehren; auch werden die Kegel etwas spitziger, und die Seitenfläche des obersten, wie die Oeffnung einer Trompete, krummlinicht

gemacht. Der Durchmesser der kleinen Grundfläche ist hier nur ¼ des größern, auch sind die größern Grundflächen beider Kegel gleich. Der Durchmesser der Röhre hat, wie bei dem Saugventilator, ⅓ vom Durchmesser der größern Grundfläche. Zwischen beiden Kegelflächen werden hier 12 Windkammern angelegt. Zur Bedeckung gegen die üble Witterung dient ein kegelförmiges Dach, welches mit einer Rinne zum Aufenthalte des Regens und sechs Oeffnungen, wie Tagelöchern, versehen ist. Inwendig hängt diesen Oeffnungen gerade gegenüber ein leichtes Bretchen frei an zwei Lederstücken, an welche der Wind beim Eintritt stößt, und dadurch gegen die untere Mündung gerichtet wird.

Was die zweite Art von Ventilatoren betrifft, so hat sie im Allgemeinen Aehnlichkeit mit gewissen Gebläsen, deren man sich zu Beförderung des Verbrennungsprocesses bedient (S. d. Art. Verbrennen). Der Erfinder der ersten derartigen Maschine war Hales. Sein Ventilator besteht aus zwei hölzernen Kasten oder Parallelepipedis, deren jedes in der Mitte durch eine um ein Charnier bewegliche hölzerne Klappe (Diaphragma) getheilt ist. Diese Klappen sind an einer Seitenfläche des Kastens durch das Charnier befestigt, und stehen von den übrigen Seiten ringsum um $\frac{1}{20}$ Zoll ab. Sie sind durch eiserne Stangen an einen Hebel so befestigt, daß man durch Hin- und Herbewegen der Hebelstange, wie bei dem doppelten Druckwerke, abwechselnd eine Klappe um die andere erheben und wieder niederdrücken kann. An den Grundflächen jedes Kastens befinden sich vier Ventile, zwei derselben öffnen sich nach innen, zwei nach außen. Jeder Kasten ist an der Stelle, wo sich die auslassenden Ventile befinden, mit einem vorliegenden kleinen Kasten oder Parallelepipedum verbunden, in welches man bewegliche Röhren einsetzen kann, um durch selbige die Luft dahin zu leiten, wo man deren nöthig hat. Man sieht leicht, daß man es durch diese Maschine in seiner Gewalt hat, ihrer verschiedenen Stellung gemäß, entweder die verdorbene Luft auszupumpen, oder frische Luft einzubringen. Im ersten Falle muß der Ventilator so stehen, daß seine einsaugenden Ventile mit dem Zimmer verbunden sind, das Ende der Röhre aber hinaus in die freie Luft geht. In dieser Stellung, welche Hales für die vortheilhafteste hält, konnte man mit einem doppelten Kasten (von 10 Fuß Länge, 3—4 Zoll Breite und 13 Zoll Höhe) in einer Stunde auf 25000 Tonnen Luft auspumpen, und die frische Luft ging dagegen so unvermerkt ein, daß weder die Kranken, noch die Schlafenden im Zimmer davon einige Unbequemlichkeit empfanden. Doch bemerkt der Erfinder, wenn man recht reine Luft auf den Schiffen haben wolle, so müßte der Ventilator fast immer in Bewegung erhalten werden. Um frische Luft einzublasen, müßte die Maschine außerhalb des Zimmers stehen, und die Leitröhre ins Zimmer geführt werden, wobei aber der entstehende Wind unbequem fallen würde.

Venus (v. d. röm. Liebesgöttin Venus) ist der hellste und schönste Planet, der zweite von der Sonne aus, zwischen Merkur und Erde, der daher auch von allen Planeten der Erde am nächsten kommt. Er zeichnet sich durch starkes blendend weißes Licht aus, und kann unter

günstigen Umständen (wie der Mond) sogar am Tage erblickt werden, auch ist zuweilen sein Licht so stark, daß es Schatten der Gegenstände auf der Erde zu bewirken vermag. Er erscheint immer nur kurz nach Sonnenuntergang und kurz vor Sonnenaufgang, d. h. stets in der Nähe der Sonne, und man nennt ihn daher als Stern des Abends: **Abendstern** oder **Hesperus** und als Stern des Morgens: **Morgenstern** oder **Lucifer**. Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne beträgt 15 Mill. Meilen. Unter allen Planeten hat sie die am nächsten kreisrunde Bahn. Die größte Nähe der Venus bei der Erde ist 5 Mill. Meilen, die größte Entfernung aber 35 Mill. Meilen. Daher erscheint dieser Planet, dessen wahrer Durchmesser 1680 Meilen beträgt, in der Erdnähe mit einem scheinbaren Durchmesser von 66 Sec., in der Erdferne dagegen nur noch mit einem Durchmesser von 10 Sec. Venus ist nur wenig kleiner als die Erde, ihre Oberfläche (8376000 Quad. Meil.) ist beinah $\frac{9}{10}$ der Erdoberfläche, ihr Volum. (2280 Mill. Kubikmeil.) $\frac{8}{10}$ vom Volumen der Erde. Die siderische Umlaufszeit der Venus um die Sonne geschieht in 224,701, die tropische in 224,595 und die synodische in 583,921 Tagen. Ihre Geschwindigkeit ist 111500 par. Fuß oder 4,9 d. Meil. in der Secunde. Die Dichte der Venus ist nur wenig größer als die Erde, ihre Masse $\frac{9}{10}$ der Erdmasse. Die Körper fallen auf der Venus um wenig schneller als auf der Erde, nämlich 15,87 F. in der ersten Sec. Da die Venus ein unterer Planet ist (s. d. Art. **Planeten**), so zeigt sie ähnliche Phasen wie der Mond, je nachdem sie der Erde mehr oder weniger ihren beleuchteten Theil zukehrt. Man kann diese Lichtabwechselungen schon durch mittelmäßige Fernröhre betrachten. Namentlich durch Beobachtungen von **Schröter** ist es außer Zweifel gesetzt, daß die Venus von einer Atmosphäre umgeben ist, welche der Atmosphäre der Erde an Höhe und Dichte ziemlich gleich kommt. Man schließt dieses aus dem Umstande, daß die Scheibe der Venus keine scharfabgeschnittene Grenze (wie der Mond) hat. Geht die Venus z. B. vor einem Fixsterne vorüber, so verschwindet dieser nicht plötzlich hinter der Venus, sondern das Licht desselben wird schwächer, je näher es dem Rande der Venus kommt, d. h. je dichtere Schichten der Atmosphäre des Planeten den Stern verbergen. Aus dem Umstande ferner, daß die Lichtgrenze der Venus nicht regelmäßig gekrümmt, sondern gewissermaßen ausgezackt erscheint, hat man auf das Vorhandensein von Bergen geschlossen. Namentlich bemerkt man die erwähnte Unregelmäßigkeit an den Hörnern der sichelförmigen Phase des Planeten, welche bald mehr bald weniger zugespitzt erscheinen, bald mehr bald weniger in den verdunkelten Theil hineinragen. Ueberdieß sieht man oft in beträchtlicher Entfernung von der Lichtgrenze einzelne lichtere Punkte, wahrscheinlich Berge, welche das Licht der Sonne noch trifft, während es die sie umgebenden tiefer liegenden Orte schon nicht mehr erreicht. Aus der Entfernung der lichten Punkte von der Lichtgrenze kann man auch auf die Höhe der Berge schließen. Aus solchen Betrachtungen zog **Schröter** den Schluß, daß die Venus sehr hohe und viele Gebirge haben müsse. Derselbe entdeckte Berge, welche eine Höhe von 6 Meilen haben und mithin sechsmal höher als die

höchsten Berge der Erde sind. Die höchsten Berge finden sich, wie auf der Erde auf der südlichen Halbkugel. Die Umdrehungszeit der Venus berechnete Schröter, namentlich nach den erwähnten, periodisch wiederkehrenden Veränderungen der Hörnerspitzen auf 23 St. 21 Min. Dunkele, ihre Stelle unveränderlich beibehaltende Flecke, hat man auf der Venus gar nicht oder doch nur sehr schwach, bemerken können, (aus denen man die Umdrehungszeit berechnen könnte) jedoch sah Schröter veränderliche Flecken, welche Wolken der Atmosphäre zu sein schienen. Die Seltenheit und Schwäche dieser Flecken, leitet zu dem Schluß, daß die Atmosphäre der Venus nur von wenigen und nicht dichten Wolken erfüllt sein könne. Während die Länge des Tages auf der Venus ziemlich mit der Länge des Erdtages übereinstimmt, müssen die Jahreszeiten der Venus sehr von denen der Erde abweichen, wenn anders wahr ist, daß die Schiefe der Ekliptik, von welcher die Jahreszeiten abhängen 72° beträgt *). Mehre Astronomen haben einen Mond der Venus

*) Littrow macht folgende interessante Bemerkung. „Wenn der Aequator dieses Planeten gegen die Bahn desselben in der That um volle 72 Grade geneigt ist, (was aber noch einer genaueren Bestätigung bedarf, da Schröter sich nie bestimmt darüber ausgesprochen hat,) so würde die heiße Zone, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Scheitel sehen können, sich in einer Breite von 144 Graden um diesen Planeten erstrecken, während die Breite dieses Gürtels auf der Erde nur 47 Grade beträgt. Nennt man aber kalte Zone diejenigen Theile eines Planeten, für welchen die Sonne mehre Tage im Jahre nicht auf- oder nicht untergeht, so würde man von dieser heißen Zone die beiden äußern Theile, deren jeder eine Breite von 54 Graden hätte, auch zugleich zur kalten Zone rechnen müssen. Man würde also in jeder Hemisphäre eine heiße Zone haben, die von dem Aequator bis zu dem 18. Grade der nördlichen oder südlichen Breite geht, und in welcher die Sonne durch das ganze Jahr täglich auf- und untergeht. Die kalte Zone aber würde um jeden der beiden Pole herumliegen und sich von ihnen ebenfalls 18 Grade gegen den Aequator hin erstrecken und in dieser Zone würde man die Sonne nie im Scheitel sehen. Die gemäßigte Zone aber, die zwischen jenen beiden in der Mitte liegt und eine Breite von 54 Graden hat, würde einen Theil des Jahres hindurch die Sonne gar nicht sehen, wie in der irdischen kalten Zone, und einen andern Theil des Jahres würde sie wieder die Sonne in ihrem Zenithe haben, wie in unserer heißen Zone, so daß also die sogennnnte gemäßigte Zone der Venus aus der heißen und kalten gleichsam zusammengesetzt sein würde. Die Folge davon wird sein, daß die ganze Oberfläche der Venus, nur die beiden kleinen kalten Zonen ausgenommen, die Sonnenstrahlen zuweilen in senkrechter Richtung erhalten wird. Die Bewohner der Grenze der beiden kalten Zonen werden in ihrem Sommer die Sonne im Mittage sehr nahe bei ihrem Zenithe sehen, ja selbst für die Bewohner der beiden Pole wird sie sich noch bis auf eine Höhe von 72 Graden erheben, wie dieß bei uns für das südliche Spanien und Griechenland der Fall ist. Diese Polarbewohner werden an ihren längsten Tagen, wo ihnen die Sonne nicht untergeht, im Augenblick der Mitternacht diese Sonne noch in einer Höhe von 54 Graden, also in dersel-

zu sehen geglaubt, doch haben sich ihre Beobachtungen nicht bestätigt. Das Zeichen der Venus ist ♀. — Vergl. d. Art. Planeten und Durchgänge des Merkurs oder der Venus durch die Sonnenscheibe.

Verbindung, chemische Mischung oder Einung, heißt die durch die chemische Verwandtschaft (s. d. Art.) hervorgebrachte Vereinigung verschiedenartiger Körper (der Bestandtheile s. d. Art.). Wenn eine chemische Verbindung erfolgen soll, müssen heterogene Körper zusammengebracht werden, und die Verwandtschaft derselben muß größer sein, als die ihr entgegenstehenden physischen Kräfte. Zu diesen entgegenstehenden Kräften gehört namentlich die Cohäsion, dieselbe muß aufgehoben werden, wenn eine chemische Verbindung zu Stande kommen soll. Man kann daher die Verbindung befördern, wenn man die Cohäsion der Bestandtheile aufhebt, welches durch Zertheilung geschieht. Besonders aber ist nöthig, daß wenigstens ein Bestandtheil in flüssigem Zustande angewendet werde, weil in den Flüssig-

---

den Höhe sehen, in welcher bei uns die Bewohner von Petersburg die Sonne im Mittage ihres längsten Tages erblicken. Die von dem Aequator über 18 Grade entfernten, noch in der heißen Zone liegenden Länder werden einen Theil des Jahres durch von den senkrechten Strahlen der Sonne verbrannt, und zu einer andern Zeit wieder von Wochen langen Nächten abgekühlt und alles Sonnenlichtes gänzlich beraubt werden. Die Bewohner dieses Planeten werden daher mit sehr schroffen Abwechslungen ihrer Jahreszeiten zu kämpfen haben, die übrigens dadurch einigermaßen gemildert werden mögen, daß sie wegen der kurzen Umlaufszeit der Venus um die Sonne, nur etwa halb so lange dauern, als die Jahreszeiten der Erde. — Wenn wir uns durch diese Verhältnisse etwas eingeengt fühlen müßten, so würden wir uns, auf diesen Planeten versetzt, durch andere Genüsse vielleicht wieder entschädigt finden, vorausgesetzt, daß unsere Organisation eine solche Veränderung unseres Wohnortes ertragen könnte. Welche Aussicht würden wir z. B. von den Gipfeln der sechs Meilen hohen Berge der Venus genießen. Von Wien würden wir mit einem Fernrohr bis Hamburg, Paris und Neapel sehen, und eine Kreisfläche der Erde von mehr als hundert Meilen überschauen können. Lange nach dem Untergange der Sonne würden wir noch die Gipfel der benachbarten Gebirge von ihren Strahlen vergoldet sehen, und die Schönheit dieses Schauspiels würde noch erhöht werden durch die reinere klarere Atmosphäre, in der wir beinahe keine matte Wolke erblicken, und in der trübe oder regnige Tage zu den größten Seltenheiten gehören. Und welchen Anblick mag bei dieser stets heitern Luft der gestirnte Himmel gewähren, wo alle Sterne und Planeten in hellem Lichte strahlen, wo die Sonne in ihrer Oberfläche viermal größer, als bei uns, erscheint, und ein zweimal stärkeres Licht, als unsere Mittagssonne, verbreitet. Unsere Erde selbst erscheint den Bewohnern der Venus zur Zeit ihrer größten Nähe, in der untern Conjunction, neunmal größer als uns die Venus, und in ganz vollem Lichte, in einem neunmal stärkern Lichte, als Venus in ihrem schönsten Glanze der Erde zusendet."

keiten die Bestandtheilchen so leicht auf einander verschiebbar sind, daß sie die Vortheile der feinsten Zertheilung darbieten. Man hat daher ein altes chemisches Sprichwort: „corpora non agunt nisi fluida," (d. h. die Körper wirken nur im flüssigen Zustande). Indeß kommen allerdings auch Fälle vor, wiewohl nur wenige, wo auch feste Körper, wenn sie mit einander in Berührung kommen, chemische Thätigkeit äußern, z. B. Salmiak und Kalk; Eis und mehre Salze u. a. Viele Körper, auch flüssige, gehen nur in hoher Temperatur Verbindungen ein, und überhaupt ist die Wärme ein mächtiges Beförderungsmittel chemischer Vereinigung. Indeß ist bei manchen ausdehnsamen Flüssigkeiten Temperaturerniedrigung nöthig, wenn sie sich mit tropfbarflüssigen oder festen Körpern verbinden sollen. Namentlich die Verbindungen ausdehnsamer Flüssigkeiten werden durch Licht und Elektricität bewirkt; aber auch feste fein zertheilte Stoffe (z. B. Platinschwamm) können Verbindungen luftförmiger Körper mit einander veranlassen. So z. B. wird Sauerstoffgas und Wasserstoffgas sowohl durch den elektrischen Funken als auch durch Platinschwamm (s. d. Art. Feuerzeug S. 433. u. Wasserstoffgas) zu Wasser verbunden. Die flüssigen chemischen Verbindungen, welche durch Vereinigung fester und flüssiger Körper oder durch Verbindung mehrer Flüssigkeiten entstehen, heißen Lösungen (s. d. Art.) oder Auflösungen. — S. Weiteres im Art. Verwandtschaft, chemische.

Verbrennung ist die lebhafte Verbindung zweier Körper unter Licht- und Wärmeentwickelung. In der Chemie versteht man jedoch unter diesem Worte, Verbindung der Körper mit Sauerstoff, wobei es gleich ist, ob Licht und Wärme sich zeigt oder nicht, und gebraucht es gleichbedeutend mit Oxydation. Gewöhnlich ist der Sauerstoff derjenige Körper, durch dessen Verbindung mit andern die Verbrennung erfolgt, wie bei dem Verbrennen von Kohlen. Aber auch bei Verbindungen von Chlor, Jod, Phosphor, Schwefel und Cyan mit den Metallen, ja bei der Verbindung zweier Metalle unter einander ist Feuererscheinung wahrgenommen worden. Um sich davon zu überzeugen, darf man nur einen Flintenlauf an seinem Schwanzschraubenende glühend machen, dann durch die Mündung Stückchen von Schwefel hinunterfallen lassen, und in den durch Blasen in die Mündung aus dem Zündloche herausgetriebenen Schwefeldampf einen Eisendraht halten. Durch die Verbrennung des Schwefels in der Luft kommt der Eisendraht in hinlängliche Hitze, und die Verbindung des Schwefels mit dem Eisen erfolgt unter lebhaften Lichte. — Um die Verbrennung des Kupfers im Schwefelgase hervorzubringen, schütte man in das untere Ende eines kleinen Probiergläschens ein wenig Schwefel, und bedecke diesen mit einer Schicht Kupferfeile oder Kupferdrehspähne. Beim Erwärmen über der Spirituslampe wird der Schwefel flüchtig, und die Verbindung des Kupfers mit dem darüber hinstreichenden Schwefeldampf geschieht unter lebhaftem Glühen, und so starker Wärmeentwickelung, daß man oft das Glas an den Stellen geschmolzen findet. Eben so verbrennen Kupferblättchen (unechtes Blattgold) und gepulvertes Anti-

mon in Chlorgas eingetaucht sehr lebhaft. Kalium entzündet sich, wenn es in ganz trocknes Cyangas geworfen wird u. s. w.

Zur Erzeugung der Feuererscheinung ist eine große Lebhaftigkeit der Verbindung nöthig, die durch die Verwandtschaft der Körper bedingt ist. Wenn diese letztere stark genug ist, so wird schon bei gewöhnlicher Temperatur die Entzündung erfolgen, während sie im entgegengesetzten Falle noch durch Wärme erhöht werden muß. So ist beim Phosphorwasserstoffgas diese Temperaturerhöhung nicht nöthig, indem selbst in der Winterkälte Blasen dieser Gasart, welche in die atmosphärische Luft gelangen, sich entzünden. Einige, wie Phosphor und Schwefel, bedürfen keiner großen Erhitzung, Phosphor entzündet sich schon bei $37\frac{1}{2}°$ C., und Schwefel bei 294° C., während andere Körper, wie Kohle, Zink erst zum Glühen erhitzt werden müssen. Phosphor und Schwefel haben auch schon bei gewöhnlicher Temperatur große Verwandtschaft zum Sauerstoff, indem Phosphor, an der Luft liegend, Dämpfe von phosphorichter Säure ausstößt, die im Finstern selbst leuchten, und die Schwefelblumen besonders in gewitterreichen Zeiten sauer reagiren, als Zeichen der durch langsames Verbinden des Schwefels mit dem Sauerstoff gebildeten Säure. Die größte Verwandtschaft indeß zum Sauerstoff erhält die Kohle durch die Glühhitze.

Zur lebhaften Unterhaltung des Processes ist eine hinreichende Menge des mit dem brennbaren Körper sich verbindenden Sauerstoffes nöthig; denn ist dieser nur sehr verdünnt vorhanden, so wird trotz der Erhitzung keine lebhafte Verbrennung entstehen. Nach Davy läßt sich ein aus 2 Raumtheilen Hydrogen und 1 Raumtheil Oxygen bestehendes Gemenge bei 18maliger Verdünnung, ein Gemeng aus 2 Raumtheilen Hydrogen und 5 Raumtheilen atmosphärischer Luft schon bei 6facher Verdünnung nicht mehr entzünden. Eine Stahlfeder läßt sich in atmosphärischer Luft nicht entzünden, brennt aber in reinem Sauerstoffgase unter hellem Funkensprühen. — Die Menge des zur Verbrennung nöthigen Stoffes, ist nicht bei allen Körpern dieselbe. So brennt Phosphor noch in der Luft, die so wenig Oxygen enthält, daß Hydrogen und Schwefel nicht mehr entzündet werden können. Wasserstoff verlischt bei 8facher, Schwefel brennt noch fort bei 15facher und Phosphor bei 60facher Verdünnung der Luft, und Phosphorwasserstoff blitzt noch in möglichst verdünnter Luft. Merkwürdig ist hier eine Erscheinung, die beim Phosphor eintritt, der in comprimirtem Oxygen nicht leuchtet, wohl aber wenn es verdünnt wird, sei es durch Ausdehnung oder durch Vermengung mit Stickgas. Der Grund liegt nicht etwa in einer schnell sich bildenden und dann das Innere vor der Berührung mit dem Sauerstoff schützenden Oxydkruste von rothem Phosphor, denn er bleibt völlig hell und weiß, und die Absorption des Sauerstoffs findet nur sehr langsam statt. Eine interessante Thatsache bemerkte Graham. Er fand nämlich, daß schon geringe Mengen von gewissen Gasen und Dämpfen hinreichend waren, um den Phosphor in atmosphärischer Luft nicht leuchtend zu machen. So findet keine langsame Verbrennung des Phosphors Statt bei 66° F., wenn

1	Vol.	ölbildendes Gas	mit	450	Vol.	atmosphärischer	Luft
1	—	Schwefelätherdampf	—	150	—	—	—
1	—	Naphta-Dampf	—	1820	—	—	—
1	—	Terpentinöl-Dampf	—	4444	—	—	—

gemischt ist. — Bringt man einige feuchte Phosphorstücke in eine mit einem Korkstöpsel verschlossene Flasche, und läßt, wenn sie sich mit weißen Dämpfen gefüllt hat, ein wenig Aetherdampf aus einer mit Aether gefüllten Flasche einströmen, so verschwinden während weniger Secunden alle Dämpfe und die Luft um den Phosphor ist ganz hell. Wird die Flasche verstopft, so entstehen nicht eher wieder Dämpfe, als bis der Aether in Essigsäure verwandelt ist, wozu jedoch einige Tage nöthig sind. Der Phosphor leuchtet auch im Finstern nicht, sobald die umgebende Luft mit Terpentinöl-Dampf oder mit dem Dampfe eines andern ätherischen Oeles geschwängert ist. Man lege ein Stück Phosphor in ein 2 Unzen Glas, worin es mit hellem Glanze im Dunkeln leuchtet; verschließt man aber die Oeffnung mit einem Korkstöpsel, der auf einem ätherisches Oel enthaltenden Gase gesteckt hat, und nur eben noch einen merklichen Geruch nach diesem Oel besitzt, so fängt das Licht des Phosphors an zu erbleichen, und verschwindet nach einigen Secunden ganz. Auch wird das Leuchten des Phosphors ausgelöscht durch Hinzufügung von 4 Procent Chloringas oder 20 Procent Schwefelwasserstoffgas bei 63° F.; der Dampf von starkem Alkohol löscht es bei 80° F. aus; Kampferdunst und Dämpfe von Schwefel, Jod, Benzoësäure, kohlensaurem Ammoniak und Jodinkohlenstoff bringen diese Wirkung (bei 67° F.) nicht hervor. — Die Oxydation des Phosphors wird selbst in höherer Temperatur durch obige Gase noch verhindert. Er kann in mit einem gleichen Volumen ölbildenden Gases vermischter atmosphärischer Luft so lange man will geschmolzen, und ohne eine Veränderung zu erleiden bei 212° F. erhalten werden. Er fängt erst schwach au zu leuchten, wenn gemischt

1	Vol.	atmosph.	Luft	mit	1	Vol.	ölbildendes Gas	bei	200° F.
3	—	—	—	—	2	—	Aetherdampf	—	215° F.
111	—	—	—	—	1	—	Naphta-Dampf	—	170° F.
166	—	—	—	—	1	—	Terpentinöl-Dampf	—	186° F.

Die Wirkung dieser Gase wird aber modificirt durch den barometrischen Druck, denn Phosphor leuchtet bei $\frac{1}{2}$ Zoll Quecksilberhöhe in einem Gemenge aus gleichem Vol. ölbildenden Gases und atmosphärischer Luft, während er bei 29 Zoll nicht leuchtete, obwohl weniger als $\frac{1}{400}$ Theil ölbildenden Gases vorhanden war. — Es ist ferner eine bekannte Erfahrung, daß Phosphor mit Harz oder Schwefel bestreut, unter der Glocke der Luftpumpe beim schnellen Evacuiren an den bestreuten Stellen stärker zu leuchten anfängt, bis er sich endlich entzündet. Der Versuch gelingt auch, wenn man den Phosphor bloß in Baumwolle einwickelt; es kann die Entzündung also nicht von einer Verbindung des Phosphors mit dem Schwefel oder dem Harze herrühren. Phosphor allein, ohne eingewickelt oder bestreut zu sein, kann durch bloßes Evacuiren nicht zur Entzündung gebracht werden. Einen genügenden Grund

für diese Erscheinungen anzugeben, sind wir bis jetzt noch nicht im Stande.

Daß aber bei der Verbrennung der Luft das Oxygen entzogen wird, läßt sich leicht beweisen. Denn nimmt man einen Kolben, wirft ein Stück gut abgetrockneten Phosphor hinein, schließt den Hals luftdicht durch eine übergespannte Blase, und läßt den Phosphor langsam verdampfen, oder entzündet ihn durch Erwärmung des Kolbens über einer Spirituslampe, so wird die übergespannte Blase allmälig concav erscheinen müssen, weil inwendig die Luft verdünnter ist, als außen. Nach einiger Zeit wird der Phosphor verlöschen, und man kann ihn fortwährend im geschmolzenen Zustande erhalten, ohne daß er sich entzündet; denn das in der atmosphärischen Luft enthaltene Oxygen ist verzehrt. Läßt man den Kolben abkühlen, und öffnet dann die Blase durch einen Stich, während der Hals des Kolbens unter Wasser getaucht ist, so wird das Wasser im Kolbenhalse steigen, und zwar so weit, bis ungefähr der fünfte Theil des ganzen Kolbeninhaltes mit Wasser gefüllt ist, weil der Sauerstoff $\frac{1}{5}$ der atmosphärischen Luft ausmacht. Auch darf man nur ein Stückchen Phosphor oder eine Spiritus- oder eine andere kleine Lampe auf eine Theetasse stellen, welche auf Wasser schwimmt, und nach der Anzündung des brennbaren Stoffes eine Glasglocke überstürzen, so daß der untere Rand ganz in Wasser steht. Es wird nach der Verbrennung das Wasser höher in der Glocke stehen, als beim Ueberdecken; es ist also ein Theil Luft verzehrt, deren Raum die gebildete Phosphor- oder Kohlensäure, oder das an den Wänden niedergeschlagene Wasser nicht wieder ersetzen kann.

Es ist oben schon erwähnt, daß meistens zur Einleitung des Verbrennungsprocesses der ganze Körper oder ein Theil desselben zu einer bestimmten Temperatur erhitzt werden muß. Auf welche Weise die Erhitzung hervorgebracht wird, ist völlig gleichgültig; nur muß sie hinlänglich groß sein. Ist nur ein Theil erhitzt, so erzeugt die Verbrennung dieses Theiles bei den verbrennlichen Körpern einen Hitzgrad, der hinlänglich ist, um die nahe gelegenen Theile zu entflammen. Wird die erzeugte Wärme dem brennbaren Körper entzogen, so verlischt er. Wirft man eine brennende Kohle auf kaltes Metall, so wird die Wärme durch diesen guten Wärmeleiter schnell fortgeführt, und die Kohle hört auf zu brennen. Ja ein ganzer Haufen Kohlen erlischt, wenn man die Kohlen auseinander streut, indem die Luft die Wärme fortleitet. Auch brennen Flammen nicht durch ein Geflecht von Draht, wenn es hinlängliche Feinheit hat. Eine mit solchem Drahtgeflecht umgebene Laterne kann man in Stroh oder Heu stellen, ohne daß durch das brennende Licht diese Stoffe entzündet würden. Hierauf beruht auch Davy's Sicherheitslampe (s. d. Art.).

Wenn Platin, das kurz zuvor geglüht, besonders in fein zertheiltem Zustande als Platinschwamm, oder auch als Spirale von feinem Draht mit Wasserstoff und Sauerstoff in Berührung kommt, so wird es glühend, und erhitzt sich, wenn beide Gasarten reichlich vorhanden

sind, bis zum Weißglühen, wodurch das Gasgemenge entzündet wird.*) Aber nicht bloß das Knallgas, sondern auch Weingeistdämpfe, die viel Kohlenwasserstoff enthalten, werden durch fein zertheiltes Platin entzündet. Hierauf beruht das sogenannte Davysche Glühlämpchen. Man windet eine Spirale, glüht sie, und bringt sie über oder um einen mit Weingeist getränkten Docht; die Platinspirale glüht fort, so lange noch Weingeistdämpfe vorhanden sind. Noch besser läßt sie sich darstellen, wenn man Asbestfäden mit Platin überzieht, indem man sie in Platinauflösung taucht, und dann heftig ausglüht, und diese durch eine Glasröhre in ein kleines mit Weingeist gefülltes Gläschen steckt. Zündet man nun an, wobei der Asbest die Stelle des Dochtes vertritt, und bläst die Flamme wieder aus, so glüht der Asbestüberzug in Berührung mit den Weingeistdämpfen ununterbrochen fort. Nimmt man Platinschwarz, von dem noch nicht genau bekannt, ob es reines feinzertheiltes Platin oder eine niedere Oxydationsstufe dieses Metalles ist, und bringt es mit ein wenig Alkohol in Berührung, so braust es auf und entzündet sich. Es ist dieß dasselbe Pulver, das feucht mit Alkohol übergossen, diesen langsam in Essigsäure umwandelt, wobei der Alkohol oxydirt wird.

Die Körper können, da die Verbrennung nur eine Verbindung mit Sauerstoff ist, nur an der Oberfläche, so weit sie mit der Luft in Berührung ist, brennen. Um entstandene Verbrennung zu dämpfen, ist es daher nur nöthig, dem brennenden Körper den Zutritt der Luft zu entziehen, oder auch die zum Verbrennen nöthige Wärme (s. Art. Feuer). Aldinis Sicherheitspanzer gründet sich auf dieselbe Erscheinung, wie Davys Sicherheitslampe; er besteht aus einem aus Metalldraht geflochtenen Ueberkleide, unter dem ein mit Salz getränktes Wollenkleid sich befindet.

Feste und tropfbare Körper, die beim Verbrennen keine flüchtigen Producte bilden, glühen nur; entwickeln sie aber Gasarten, so verbrennen sie mit einer Flamme, und letztere ist also nichts anders als das verbrennende leuchtende Gas. Bilden sich aber beim Verbrennen fester oder flüssiger Körper zugleich flüchtige und nicht flüchtige Producte, so brennen sie mit Gluth und mit Flamme. Ist die Hitze nicht hinlänglich zum Verbrennen mit Flamme, so entweichen die gebildeten ausdehnsamen Körper als Rauch, der aus feinzertheilter Kohle, Wasserdampf, auch wohl Oxyden besteht. Rauch ist also stets ein Zeichen unvollkommner Verbrennung. Es versteht sich aus dem Gesagten von selbst, daß die Flamme auch nur an den äußersten Theilen brennt, so weit sie mit der atmosphärischen Luft oder mit Oxygen in Berührung kommt. Man kann sich auch leicht hiervon überzeugen, indem man bemerkt, daß der Docht einer Spirituslampe nicht verbrennt, sondern unverändert, sogar kalt bleibt, daß ein Stück Phosphor mitten in eine breite Flamme von Spiritus hineingehalten sich nicht entzündet, was aber augenblicklich geschieht, sobald man mit dem Löthrohr Luft hinein-

---

*) Vergl. d. Art. Platina, Feuerzeug, Wärme.

bläst, daß ein quer durch die Flamme gehaltener Platindraht an den Punkten, welche am Rande der Flamme liegen, am stärksten glüht u. s. w. Auch kann man in diesen inwendig hohlen Feuerkegel hineinsehen, wenn man seine Spitze durch ein Drahtnetz abschneidet, wobei die Flamme als ein leuchtender Ring in der Mitte dunkel und gleichsam mit Rauch gefüllt erscheint.

Die größten Verdienste um die genaue Kenntniß der Flammen hat sich Davy erworben. Wenn einfache Körper brennen, so ist auch die von ihnen gebildete Flamme in allen ihren Theilen gleichartig; sind die Körper aber zusammengesetzt, und entwickeln sie verschiedenartige Stoffe, so ist die Stärke und Farbe des Lichtes natürlich verschieden. Am einfachsten und deutlichsten sind diese verschiedenen Theile an der Flamme eines brennenden Talglichtes zu erkennen, weßhalb wir dieß als Beispiel durchführen wollen, weniger deutlich an einer Oelflamme. — Der untere Theil dieser Flamme hb (Fig. 367.) ist schön hellblau gefärbt u. wird gebildet aus dem bei der ersten Erhitzung sich bildenden Kohlenoxyde und wenig Kohlenwasserstoffgase. Ferner erblickt man im Innern, unmittelbar auf dem Dochte ruhend einen dunklen mit der Spitze nach oben gewandten Kegel cde, der umgeben ist von einer sehr stark leuchtenden Hülle afa, und um diese herum noch einen schwach leuchtenden Raum, den man erst bei genauer Betrachtung der Flamme wahrnimmt hgh. Während afa der leuchtendste Theil der Flamme ist, erzeugt sich in hgh die größte Hitze, wie man sich leicht durch einen quer durch die Flamme gehaltenen Eisendraht überzeugen kann, der in der äußersten Hülle hgh schwillt und weiß glühet, während er im dunkeln Kegel kaum zum Glühen kommt. Bei a ist die Hitze am stärksten. Die stärkste Hitze in der äußern Hülle ist leicht zu erklären, denn die Verbrennung der durch die Erhitzung entstandenen brennbaren Gasarten ist hier am vollständigsten wegen der Berührung mit der atmosphärischen Luft. Wenn man aber mittels des Löthrohres die Luft in die Flamme hinein bläst, so wird sich die Ordnung umkehren. Der blaue Theil der Flamme bildet hier einen Kegel mitten in der Flamme, und gleich vor der Spitze des Löthrohrs. An der Spitze dieses blauen Kegels findet die vollständigste Verbrennung statt, und folglich erzeugt sich auch hier die größte Hitze. Sie ist aber nicht wie bei der ruhig brennenden Flamme eine Hülle um die ganze Flamme herum, sondern concentrirt sich in dem Punkte a an der Spitze der blauen Flamme (Fig. 368.). Nach der Spitze der Flamme hin nimmt die Hitze ab, aber noch schneller nach hinten zu, was sich leicht durch das mehr oder minder starke Glühen eines hineingehaltenen Drahtes zeigen läßt. Die Stelle a, wo die größte Hitze ist, nennt man die innere Flamme, die Spitze der ganzen Flamme aber die äußere. Ihre Wirkung auf die verschiedenen Stoffe s. Art. Löthrohr.

Merkwürdig ist die Entdeckung Mac-Keevers, daß das Sonnenlicht den Verbrennungsproceß schwächt, obwohl man erwarten möchte, daß durch die höhere Temperatur das Schmelzen des Talges oder des Wachses, und sein Aufsteigen im Dochte begünstigt werden müßte. Er nahm bei seinem ersten Versuche zwei Wachskerzen, jede 10 Gran

schwer. Die eine setzte er in hellen Sonnenschein, die andere in ein finsteres Zimmer. Die erste verlor in 5 Minuten 8½ Gr., die zweite 9¼ Gr. an Gewicht. Beim zweiten Versuche wogen die Kerzen 23 Gr., und die im Sonnenschein verlor in 7 Minuten 10 Gr., während die andere im finstern Zimmer 11 Gr. leichter war. Beim dritten Versuche theilte er ein gewöhnliches gegossenes Licht, das 14 Zoll lang und 3 Z. im Umfang war, genau in ganze, halbe und achtel Zolle, und setzte es in starken Sonnenschein bei sehr ruhiger Luft. Es gebrauchte

in der Sonne	(wo die Temperatur 80° F.)	59′0″
im finstern Zimmer	(— — 68° F.)	56′0″
im gewöhnl. Tageslicht	(— — 68° F.)	57′10″

zur Verbrennung eines Zolles. — Ein anderes Licht, 7 Zoll lang und ⅝ Zoll im Umfang, ward auch genau in Zolle getheilt, und gebrauchte zur Verbrennung eines Zolles

im vollen Sonnenschein	bei 79° F.	5′0″
im finstern Zimmer	bei 67° F.	4′30″
im gewöhnl. Tageslichte	bei 67° F.	4′52″.

Ferner wurden in zwei Laternen, deren eine geschwärzt war, zwei Stück Licht von genau gleichem Gewicht gebracht, und dann beide in den hellen Sonnenschein gestellt. Es verlor in 10 Minuten

das in der geschwärzten Laterne 16½ Gr.
— — ungeschwärzten Laterne 15 Gr.

Es ist folglich die gemeinhin angenommene Meinung, daß das Sonnenlicht die Verbrennung schwäche, ganz richtig, und nicht bloß daraus zu erklären, daß man vor dem Glanze des Sonnenlichtes den schwachen Schimmer des brennenden Lichtes nicht bemerken könne.

Viele Körper brennen mit einer eigenthümlich gefärbten Flamme, die bei Löthrohrversuchen oft als Reagens für die verschiedenen Stoffe dienen kann. So brennt Boraxsäure mit seladongrüner Farbe, wenn ein wenig davon in Weingeist aufgelöst und dieser angezündet wird. Besonders gegen Ende zeigt sich diese Färbung sehr schön; auch wenn man mit einem Glasstäbchen umrührt, und dieses öfters heraushebt, sieht man die grüne Flamme sehr deutlich vor dem Verlöschen des benetzten Endes. Auch Strontian zeigt auf diese Weise seine schöne carmoisinrothe, so wie Natron seine gelbe Flammenfärbung.*) Man darf auch nur ein wenig auf die Messerspitze nehmen, und in die Weingeistflamme halten, oder noch besser ein Stückchen des zu untersuchenden Körpers in ein Platinzängelchen nehmen, und mit dem Löthrohr darauf blasen, eine Art und Weise zu experimentiren, die bei schwachen Flammenfärbungen sogar nothwendig ist. Denn man bläs't, je nachdem die Flamme von dem blauen oder gelben Lichte leichter zu unterscheiden ist, eine blaue oder gelbe Flamme, und taucht nur in diese den zu untersuchenden Körper ein. Es brennen ferner Kalisalze mit blaßvioletter, Kalk-

*) Die Flamme des Natrons gibt noch dazu gelbes homogenes Licht, während das Licht des Strontians bei einem nebenbei angestellten Versuche sich nicht homogen zeigte.

salze mit ziegelrother, Lithionsalze mit rother, Barytsalze mit blaßapfelgrüner Färbung. Ist aber nur wenig Natron oder Lithion mit Kali gemengt, so erscheint nur die Flamme des Natrons oder des Lithions. Auch die Farbe des Lithions wird durch anwesendes Natron verdeckt. Kupfer färbt die Flamme grün, und künstliches sowohl als natürlich vorkommendes Kupfer schön lilla. — Am besten gelingen diese Versuche mit salzsauren Salzen. Man muß aber bei vielen nicht erwarten, daß sie fortwährend diese Färbung zeigen; es scheint nur auf den Moment beschränkt, wo sie das Wasser fahren lassen, und man ist auch im Stande durch Eintauchen in Wasser und neues Erhitzen die Flamme wieder hervor zu rufen. — Schwefel brennt in atmosphärischer Luft mit bläulicher, im Sauerstoffgase mit violetter, und im oxydirten Stickgase mit gelblichrother Flamme. Phosphor, Zink und Arsenik brennen weiß, worauf auch die Bereitung des indianischen Weißfeuers sich gründet, das aus 2 Th. Salpeter, 7 Th. rothen Schwefelarsenik, und 24 Th. Salpeter besteht. Man benutzt die verschiedene Flammenfärbung auch bei Feuerwerken zur Erzeugung bunter Flammen, indem man etwas von den färbenden unbrennbaren Substanzen zwischen ein Gemisch aus 80 Th. chlorsauren Kali und 20 Th. Schwefel mengt. Beim Glühen werden die festen Körper mit in die Flamme gerissen, und färben dieselbe. Prechtl führt in seiner technologischen Encyklopädie folgende Beimengungen an: „Zum Erzeugen bunter Flammen dient als Grundlage der Chlorkalischwefel. Für jede verschiedene Farbe werden auf 100 dieses Gemenges 30 bis 50 Procent einer fein gepulverten unbrennbaren Substanz gegeben, die beim Glühen eine bunte Farbe zeigt, und so, in der Flamme mit aufgerissen, diese färbt. Diese unbrennbaren Substanzen sind für roth: kohlensaurer Strontian (30 Th. auf 100 Chlorkalischwefel); dunkelrosa: kohlensaurer Kalk (gebrannte Austernschalen, Kreide, 40 Th.); hellrosa: Fluorcalcium (Flußspath) (30 Th.); gelb: geglühtes kohlensaures Natrum (50 Th.); dunkelblau: schwefelsaures Kupferoxydammoniak (30 Th.) mit schwefelsaurem Kali (30 Th.) gemengt; hellblau: schwefelsaures Kali (20 Th.); grün: kohlensaurer Baryt (20 Th.); hellgrün: Boraxsäure (20 Th.); violett: schwefelsaures Kali und kohlensaurer Kalk zu gleichen Theilen (zusammen 40 Theile); orange: kohlensaurer Kalk und kohlensaures Natrum (im Verhältniß 1 : 3 gemengt, zusammen 40 Th.). Will man bei den bunten Flammen eine langsamere Verbrennung, als diese Mischungen geben, so menge man den Chlorkalischwefel mit 30 bis 50 Procent Salpeterschwefel, ehe man die unbrennbare Substanz zugibt. Dieß ist besonders bei Theaterfeuern nöthig, die nicht direkt, sondern bloß durch den Reflex wirken, und wo neben der Färbung der Flamme auch ein intensives weißes Licht erzeugt werden muß, um das gelbe Lampenlicht zu überragen (todt zu machen). — Für die Theaterfeuer, zu den an Fallschirmen schwebenden Raketenausstößen u. s. w. sind folgende Mengungen von überraschender Wirkung: Hellroth: 50 Salpeterschwefel, 50 Chlorkalischwefel, 20 Kreide, 10 Schießpulver. — Dunkelpurpur: 76 gut getrockneter salpetersaurer Strontian, 24 Schwefel, 50 Chlorkalischwefel. — Blau: 50 Sal-

peterschwefel, 50 Chlorkalischwefel, 40 Kupferoxyd-Ammoniak, 20 schwefelsaures Kali. — Grün: 80 gut getrockneter salpetersaurer Baryt, 20 Schwefel, 35 Chlorkalischwefel. — Gelb: 50 Salpeterschwefel, 50 Chlorkalischwefel, 40 geglühtes kohlensaures Natrum. — Violett und Orange werden gemischt aus den Grundfarben. — Die Flamme von Weingeist*) wird (was wir hier auch gleich mit angeben wollen) gefärbt: roth durch Chlorstrontium, orange durch Chlorkalcium; gelb durch kohlensaures Natrum; grün durch Boraxsäure und Grünspan; blau durch kohlensaures Kali; violett durch salpetersaures Kali. — Den Lunten, die zur Darstellung von Dekorationen dienen sollen, gibt man eine blaue Flamme durch Eintauchen in geschmolzenen Schwefel, eine grüne, wenn man dem Schwefel Grünspan, eine weiße, wenn man ihm Salpeterschwefel, eine rothe, wenn man ihm salpetersauren Strontian und etwas Schwefelantimon zusetzt."

Das mehr oder minder starke Licht einer Flamme wird gewöhnlich daraus erklärt, daß sich feste Theile in der Flamme vorfinden, die weißglühend werden. So leuchtet die Flamme des Wasserstoffgases sehr schwach, die Flamme des ölbildenden Gases sehr stark, weil die ausgeschiedenen feinen Kohlentheilchen in der Flamme weißglühend werden. Auf ähnliche Weise kann man die Flamme des Weingeistes verstärken, wenn man den Docht mit Natronsalzen einreibt, oder nur 0,15 Terpentinöl dem Weingeist beimischt. Letzteres scheint auch zu geschehen bei den Gaslampen, welche durch ihre eigene Hitze sich das Gas erzeugen. Um eine Wasserstoffgasflamme heller leuchtend zu machen, darf man nur einen Platindraht eintauchen, der weißglühend wird. Das intensivste Licht erhält man aber von einem Kalkstückchen, das in einer Weingeistflamme, die durch von allen Seiten zuströmendes Sauerstoffgas angeblasen wird, weiß glüht. S. d. Art. **Licht**. Nach Versuchen von **Döbereiner** scheint auch jenes Hellleuchten der Flamme durch Compression der Gasarten hervorgebracht zu werden. Denn Knallgas in einer 1 bis 2 Cubikzoll haltenden starken Glaskugel, die inwendig recht trocken und luftdicht verschlossen war, gab bei der Verpuffung dasselbe glänzende Licht, wie in Sauerstoffgas verbrennender Phosphor. Wird das Knallgas nur mit dem Drucke von 2 Atmosphären in dieser Kugel comprimirt, so „verbrennt es bei dem Entzünden mit dem Glanze des Blitzes, so daß der Raum (des Laboratoriums), worin das Experiment gemacht wird, am hellen Tage wie von dem stärksten Blitze erhellt, und bei Nacht wie vom Sonnenlichte beleuchtet wird, wobei Austerschalen, welche mit Schwefel gebrannt worden, zum glänzenden Phosphoresciren (s. d. Art. **Licht, Phosphorescenz**) gebracht wer-

---

*) Die Flamme des Weingeistes wird durch diese Mittel nicht gleich anfangs beim Brennen, sondern erst nach einigen Minuten gefärbt; dieß kann sehr überraschende Wirkungen geben, da mehre Flammen neben einander gestellt, erst alle gleich (blau) brennen, und dann allmälig verschiedene Farben annehmen. Will man gleich anfangs die bunte Farbe, so lege man Baumwolle in den Weingeist.

den können.“ Ist die Kugel feucht, oder bleibt der Hahn während der Explosion offen, so verbrennt das Knallgas nur mit schwachem Lichte. Döbereiner sagt: „Wenn nun aber das lebhafte Leuchten der starren Materie das Resultat einer großen Anhäufung oder Verdichtung der Wärme ist, so müssen auch die gasförmigen Stoffe, welche bei der Verbrennung irgend einer Materie entstehen, bis zum stark leuchtenden Glühen erhitzt werden, wenn die repulsive Thätigkeit der während des Verbrennens nöthigen Wärme möglichst beschränkt, und diese gleichsam comprimirt wird.“

Die Flamme unserer Kerzenlichte und Lampen leuchtet deßhalb so stark, weil das darin enthaltene ölbildende Gas nur theilweise verbrennt bei der ersten Berührung mit der atmospärischen Luft, einen Antheil seines Kohlenstoffs in der Flamme niederschlägt, der in dieser weiß glüht, bis er, an den Rand der Flamme gelangt, in Berührung mit der atmosphärischen Luft verbrennt. Man kann sich leicht davon überzeugen, denn ein in die Flamme hineingehaltener kalter Körper, z. B. eine Messerklinge, überzieht sich mit niedergeschlagenem Kohlenstoff, dem sogenannten Lampenruß.

Als Brennmaterial bedient man sich im Kleinen gewöhnlich des Weingeistes, oder wenn man stärkeres Licht erhalten will, des Oels oder des ölbildenden Gases, im Großen dagegen der Kohlen, sowohl Holz- als Steinkohlen, und letzterer, wenn man sehr intensive Hitze erhalten will, nachdem man sie verkoakt hat. Man versuchte schon öfter, Wasser zu brennen, indem man es vorher auf eine leichte Weise in seine beiden Bestandtheile zersetzt, deren einer die Verbrennung sehr begünstigt, während der andere selbst bei seiner Verbrennung sehr starke Hitze erzeugt. Es ist bekannt, daß die Schmiede Wasser ins Feuer spritzen, um die Hitze zu vermehren; jedoch ist dieses Verfahren im Großen wohl unausführbar. Rutter will durch folgende Einrichtung zum Ziele gelangt sein. Er läßt nämlich Wasser und Steinkohlentheer in eine durch Steinkohlen oder anderes Brennmaterial unterhaltene Flamme in einem dünnen Strom einfließen. Die Zuleitung geschieht durch Röhren, die aus dem Theer- und Wassergefäße ausgehen, sich nahe vor der Verbrennungsstelle vereinigen, und so Theer und Wasser vereint, tropfenweis dem Feuer zuführen. Durch Hähne kann die Zuleitung beider Materialien regulirt werden. Ist die Flamme matt und schwankend, so ist zu viel Wasser, sieht sie aber dunkel und rauchig aus, so ist zu viel Theer zugelassen. *) Die gewöhnlichen Lampen sind hinreichend bekannt; der Docht dient bei ihnen nur, die brennbare Substanz in die Höhe zu pumpen, und durch die Vertheilung die Zersetzung zu begünstigen. Um rauchende und rußende Flammen zu vermeiden, wendet Argand einen doppelten Luftzug an, s. d. Folg. Diesen Luftstrom verstärkt er einfach durch einen aufgesetzten Glascylinder. — Das zum

*) Mit Vortheil hat man bei Dampfmaschinen den überflüssigen Dampf in den Heizraum geführt; der Dampf wird durch die Hitze zersetzt, das Wasserstoffgas verbrennt und das Sauerstoffgas befördert die Verbrennung.

Leuchten gebrauchte Gas wird gewöhnlich durch Destillation der Steinkohlen, des Theers oder schlechten Oeles, das zum Brennen für sich nicht taugt, gewonnen. Das letztere gibt bei gleicher Menge des verbrannten Gases mehr Licht, weßhalb das nur etwas theurere Material wegen des geringern Verbrauchs und geringerer Anlagekosten doch sehr anwendbar ist. Man läßt das Gas entweder aus einer einfachen Oeffnung ausströmen, wie Fig. 369. oder macht mehre Oeffnungen, Fig. 370. so daß die Flamme eine garbenförmige Form erhält, oder noch besser, wenn starkes Licht erforderlich, man bringt die Einrichtung der Argand'schen Lampe an. Bei dieser ist die Flamme ringförmig, und außerhalb und innerhalb wird sie von der Luft berührt. Man verbindet hiermit zugleich eine Einrichtung, um beide Luftzüge reguliren zu können, damit bei zu starkem Luftzuge das Kohlenwasserstoffgas nicht eher verbrennt, als die Ausscheidung der Kohle erfolgen kann. Fig. 371. stellt eine solche Einrichtung dar, b ist das Zugglas, c der Ring oder die Gallerie, worauf es steht. In diesem befinden sich Oeffnungen, durch welche die Luft zu dem äußern Umfange der Flamme gelangt. Es sind dieß in der Figur die äußeren; die mittleren dienen zum Ausflusse des Gases, und die innersten zum Durchlassen des Luftstroms durch die innere Höhlung der Flamme. Eine dünne, hierauf liegende Scheibe d wird mit Löchern von derselben Größe und derselben Entfernung durchbohrt, und dient um den äußern Luftzug zu schwächen. Denn dreht man sie etwas, so werden die Löcher in c zum Theil verdeckt. Soll der innere Luftzug gemindert werden, so geschieht dieß durch die kleine Scheibe e, welche durch die Schraube f dem hohlen Cylinder, durch den das Gas strömt, genähert werden kann.

So wie hier durch den aufgesetzten Cylinder der Luftstrom vermehrt wird, so geschieht es bei Feuern durch die Höhe des Schornsteins. Man macht diesen deßhalb hoch und leitet wohl auch den Gang, durch welchen die Luft dem Feuer zugeführt wird, in unterirdische Gewölbe hinab. Denn je höher die erhitzte Luftsäule ist, desto mehr wird zwischen ihr und der äußern Luft das Gleichgewicht aufgehoben, und mit desto größerer Kraft dringt die kalte Luft ein. Doch diese Vorrichtungen allein genügen nicht bei Processen, wo auf bestimmten Punkten eine sehr intensive Hitze, wie bei den Schmelzprocessen, erfordert wird. Man wendet bei diesen sogenannte Gebläse an, d. h. Vorrichtungen, durch welche die atmosphärische Luft aufgefangen, zusammengedrückt und dann durch Leitungsröhren mittels einer engen Oeffnung, die Deupe oder Düse genannt, dem Feuer zugeführt wird. Man beabsichtigt hierbei, die Hitze besonders auf einen oder mehre Punkte zu concentriren, und macht deßhalb in den Schmelzraum eine oder mehre Oeffnungen, Formen genannt, durch welche die Luft zugeleitet wird. Man treibt entweder Luft von gewöhnlicher Temperatur hinein, oder da die Erfahrung gelehrt hat, daß bei Anwendung von erhitzter Luft Ersparung an Brennmaterial und schnelleres Schmelzen eintritt, so erhöht man künstlich die Temperatur der hineingeblasenen Luft.

Die Theorie aller Gebläse ist höchst einfach; man kann sie fast alle als Luftpumpen ansehen, die zur Verdichtung eingerichtet sind. Das

einfachste Gebläse ist der gewöhnliche Blasebalg, der mit zwei Ventilen versehen ist, einem an der Seite zum Einlaß der atmosphärischen und einem zweiten zum Austritt der verdichteten Luft am Balgkopfe. Da dieser Balg aber nur einen Luftstrom bewirkt beim Zusammendrücken, so entsteht ein unterbrochner Wind und Ungleichförmigkeiten hierin zu vermeiden ist bei allen Schmelzprocessen Hauptaugenmerk. Dieses einfachen Balges wird man sich also nicht bedienen, sondern statt dessen einen doppelten oder dreifachen anwenden, so daß beim doppelten z. B. der eine Balg sich wieder mit atmosphärischer Luft füllt, während der andere die verdichtete ausstößt. Doch auch hiedurch wird noch kein hinlänglich gleichförmiger Luftstrom bewirkt, weil bei dem Uebergang der einen Bewegung in die andre eine kleine Pause eintritt. Man bringt deßhalb noch Regulatoren an, größere Räume, in denen die verdichtete Luft sich anhäuft, und aus denen dann das zum Feuer führende Ableitungsrohr abgeht. So ist Fig. 372. ein solcher doppelter Balg, in dem x und y die beiden Blasebälge, z aber den Regulator vorstellt. Während x durch die Röhre d und das Ventil b seine Luft in den Regulator z sendet, der Scheider C sich also nach D bewegt, füllt der Balg y sich durch das Ventil m; bewegt sich C gegen B zu, so entweicht die Luft durch das Ventil c aus dem Balge y in den Regulator z, und x füllt sich durch das Ventil k mit Luft. Die Scheider C und A sind beweglich, B und D aber fest. Der Regulator allein steht mit der Düse in Verbindung und treibt durch das Gewicht des Scheiders A, und vielleicht noch aufgelegter Gewichte die Luft mit einer gewissen Kraft durch dieselbe.

Auch findet man eine andere Einrichtung eines Doppelbalges, wo der eine sich in dem andern befindet. In einem gußeisernen luftdichten Kasten bewegt sich nämlich ein Balg. Beide, sowohl Kasten als Balg, stehen mit dem Regulator sowohl als mit der atmosphärischen Luft durch Ventile in Verbindung. Durch die Zusammendrückung des innern Blasebalgs entsteht im Kasten ein luftverdünnter Raum, und dieser füllt sich wieder von außen mit atmosphärischer Luft, während der Balg seine verdichtete in den Regulator gibt. Beim Auseinandergehen des Balges wird nun die Luft im Kasten comprimirt, entweicht in den Regulator und der Balg füllt sich mit atmosphärischer Luft. Die ganze Einrichtung weicht nur in der Stellung der Bälge von der vorigen ab, und Fig. 373. wird leicht für sich deutlich sein. B ist der Blasebalg, der in einem gußeisernen Kasten steht, R der Regulator. Da hier der durch eine Curbel bewegte Balg senkrecht steht, so gebraucht man nur wenig Kraft. Bei Hüttenprocessen bedient man sich jedoch dieser ledernen Bälge nicht, sondern wendet hölzerne Balggebläse, Kasten- oder Cylindergebläse an, auch wohl andere auf hydrostatische Gesetze sich gründende Maschinen.

Die hölzernen Bälge bestehen aus zwei Theilen, dem Oberkasten B, Fig. 374. und dem Unterkasten A, letzterer ist aber sehr niedrig. Gewöhnlich ist der Oberkasten B der bewegliche, und dreht sich um eine durch den Balgkopf gesteckte geschmiedete gußeiserne Walze d, das Schloß genannt, während der Unterkasten A unmittelbar auf dem Balggerüst A ruht. Die hintere Fläche des Oberkastens ist gekrümmt, und Mit-

telpunkt der Krümmung ist der Drehungspunkt. Der Unterkasten enthält das Einlaßventil a, und an der Seite Vorrichtungen zum bessern Anschließen an die Wände des Oberkastens. Es sind nämlich an der Seite sehr glatte Leisten angebracht, die durch Haken gehalten, und durch Federn gegen den Oberkasten angedrückt werden.

Eine andere Form von Gebläsen bilden die hölzernen Kastengebläse, wovon ein Längenschnitt in Fig. 375. abgebildet ist. Die Haupttheile sind ein hölzerner, gewöhnlich viereckiger Kasten, und ein in diesem sich auf und ab bewegender Kolben. A, A, A sind die 3 Kasten, in denen die Kolben D, D, D sich bewegen, und die zur Verringerung der Reibung inwendig mit schwarzer Seife überzogen sind. CCC sind die Austrittventile für die comprimirte Luft, E, E, E, E.... die Einlaßventile für die atmosphärische Luft. Erstere öffnen sich nach unten, und werden durch die Federn P, P, P angedrückt, letztere öffnen sich auch nach unten, also in den Kasten hinein, werden aber, wenn der Balg in Ruhe ist, oder die aufwärtsgehende Bewegung in die niedersteigende übergeht, mittels eines an einem Hebelarme befindlichen Gegengewichtes geschlossen. Dieses Gegengewicht übertrifft nur wenig das Gewicht des Ventils, es ist nur so stark, daß es eben das Ventil noch hebt und schließt. Der Kolben besteht aus 3 über einander liegenden Bohlen, deren mittlere aber kleiner ist als die obere und untere, so daß zwischen dieser und den Wänden des Kastens ein leerer Raum entsteht. In diesem werden hölzerne Leisten angebracht und mit Federn gegen den Kasten gedrückt, so daß eine luftdichte Liederung entsteht. F, F, F sind am Kolben befestigte glatte eiserne Stangen, welche durch eine Oeffnung oberhalb gehend, den Kolben senkrecht halten, während er durch die gabelförmige Curbelstange auf- und niederbewegt wird. F ist das Ableitungsrohr nach dem Heerde hin, R ein Sicherheitsventil, um den Wind zu reguliren, und wenn derselbe nicht durch F entweichen, das Gebläse aber dennoch fortgehen soll, austreten zu lassen. Es wird niedergedrückt durch das Gewicht S, durch dessen Vor- und Rückwärtsschieben auf dem Hebel man den Druck der Luft vermehren oder vermindern kann. Die Stellung der Kasten ist senkrecht oder horizontal; der senkrechten gibt man jedoch den Vorzug. Gewöhnlich bläst der Kasten nur bei einer Bewegung, und doppeltwirkende Kastengebläse sind selten, während von Cylindergebläsen Doppelbläser, die sowohl beim Auf- oder Niedergange des Kolbens Luft verdichten, die gebräuchlichsten sind.

Als die besten Gebläse bewähren sich, selbst die Ausdauer abgerechnet, die eisernen Cylindergebläse, indem bei ihnen ein weit geringerer Windverlust Statt findet, als bei den Kastengebläsen, bei welchen die Luft nicht allein zwischen den Leisten und Wänden des Kastens, sondern auch bei starker Pressung durch die Fugen und Fasern des Holzes entweicht. Man wählt deßhalb die Cylinderform, weil sie sich am leichtesten genau darstellen läßt, und dem Kolben den besten Anschluß an die Wände erlaubt. In Fig. 376. ist ein solches Cylindergebläse abgebildet, wie es auf einer Kupferschmelzhütte bei Eisleben sich findet. A ist der gußeiserne Cylinder, B der Kolben, a die Kolbenstange, welche durch eine konische Oeffnung des Kolbens geht, und in die-

sem durch einen eisernen Keil befestigt ist. An dem Kolben sind eiserne Rippen angegossen, deren Zwischenraum b b zur Vermeidung des schädlichen Raums mit Holz ausgefüllt ist. Zwischen den Rippen befindet sich die Liederung; es liegt nämlich auf dem äußersten Theile des Kolbenbodens jenseit der Rippen c ein Lederring, auf diesem ein Holzring, und auf diesem wieder ein Lederring, die durch den eisernen Ring d und durch Schraubenbolzen gegen die Bodenplatte fest angedrückt werden. Die Lederkränze legen sich auswendig um den Holzring, der in der Mitte ausgekehlt und mit Wolle gefüllt ist, um das Leder immer fest an die Wand des Cylinders anzudrücken. e ist die oben auf dem Cylinder angegossene Stopfbüchse. Der Zwischenraum zwischen ihr und der Kolbenstange ist durch Werg ausgefüllt, das mit Oel und Talg getränkt ist, und durch die Drückung f zusammengepreßt wird. Bei größern Cylindern legt man Hanfflechten um die Kolbenstange, die durch messingne Büchsen zusammengehalten werden. g und h sind die beiden Ventile zum Einlaß für die atmosphärische, i und k die Ventile für den Austritt der im Cylinder verdichteten Luft. Geht der Kolben aufwärts, so tritt durch h die atmosphärische Luft ein, und die oberhalb des Kolbens verdichtete entweicht durch i: geht er herab, so tritt die atmosphärische Luft durch g ein, und die unterhalb verdichtete entweicht durch k. Beide Ventile i und k treiben die Luft durch das Rohr l l in den Raum m, dessen Ableitungsrohr n ist. Durch die Hülsen der Ventile entsteht stets ein schädlicher Raum, den man durch die Ventilkasten, die an den Deckel und Boden des Cylinders luftdicht aufgeschraubt werden, zu vermeiden gesucht hat. Auch hilft man sich dadurch, daß man die Ventile dicht am Deckel und Boden anbringt, um wenigstens den schädlichen Raum nicht zu groß zu machen.

Bei den Baaderschen Gebläsen geschieht die Liederung durch Wasser. Es bewegt sich in einem hölzernen oder eisernen bis auf eine gewisse Höhe mit Wasser gefüllten Kasten oder Cylinder ein kleinerer, oben geschlossener Kasten oder Cylinder auf und nieder. Ueber das Wasser des untern Kastens ragen 2 Röhren hervor, deren eine mit einem Ventile versehen zum Einlaß für die atmosphärische Luft dient, während die andere das Fortleitungsrohr bildet, und mit der Düse in Verbindung steht. Ihre Anwendung ist jedoch wegen ihrer Mängel nicht häufig, obgleich ihre Anlage einfach ist, und die zum Bewegen erforderliche Kraft gering.

Ein anderes Gebläse ist das Tonnengebläse, bestehend aus zwei hölzernen mit eisernen Bänden umgebenen $5\frac{1}{2}$ Fuß weiten und 4 F. langen Tonnen, die horizontal liegen, und sich um ihre in der Richtung der Axe liegenden Zapfen bewegen. Der innere Raum ist durch einen Scheider, der durch die Axe der Tonne geht, in zwei noch nicht völlig getrennte Hälften getheilt, indem der Scheider am untern Ende noch 14 Zoll von der Peripherie des Fasses entfernt ist. Auf dem nach dem Feuer zu liegenden Boden der Tonnen sind 2 Ventile für den Austritt der verdichteten Luft, in jedem Fache eines, und ebenso in dem andern Boden zwei zum Einlassen der atmosphärischen Luft. Es werden die Tonnen zur Hälfte mit Wasser durch eine festverschließbare Oeffnung

gefüllt, welches durch einen Hahn wieder abgelassen werden kann. Die beiden Auslaßventile einer Tonne sind durch eine Röhre mit einander verbunden. Fig. 377., 378. und 379. Die Tonnen werden nur um den dritten Theil ihres Umfangs vor- und rückwärts bewegt. Bei der ersten Bewegung fließt das Wasser unter dem Scheider hinweg nach der einen Seite, und drückt aus dieser Abtheilung die Luft hinaus; in der andern entsteht ein luftverdünnter Raum, atmosphärische Luft dringt ein, und beim Rückwärtsdrehen, wo das Wasser in die zweite Abtheilung zurückfließen will, wird die Luft in dieser verdichtet und ausgetrieben, während in der ersten Abtheilung der entstandene luftverdünnte Raum sich wieder mit atmosphärischer Luft füllt.

Das Wassertrommelgebläse Fig. 380. besteht aus einer senkrechten hölzernen Röhre, die oben ungefähr 8 Zoll weit und 20 Fuß hoch ist. Oben in das erweiterte trichterförmige Ende a b strömt das Wasser ein. An dem engsten Punkte der Röhre finden sich 4 schief gebohrte Oeffnungen o, o, durch welche die äußere Luft zum Wasser tritt, um sich damit zu mengen. Dieses mit Luft gemengte Wasser fällt dann auf das Brett oder den Stein d in der Trommel D, und die Luft trennt sich durch den Stoß von dem Wasser ab. Die Luft wird in die Höhe gedrückt und durch die Röhre e f zum Feuer geführt, während das Wasser durch die Oeffnungen c, c, c abfließt. Es sind die Wassertrommelgebläse einfache und geringen Aufwand erfordernde Gebläse. Obwohl ihre Wirkung schwach ist, so finden sie sich doch in den Alpen und Pyrenäen, wo hohe Wassergefälle nicht selten sind, noch sehr häufig.

Mit gutem Erfolge ist aber auf mehren hannöverschen und hessischen Hütten das, von Henschel in Cassel erfunden, Kettengebläse in Anwendung gebracht. Fig. 381. stellt einen Längendurchschnitt dar. Eine Kette ohne Ende geht über ein Leitrad S, und durch die Röhre K, in welche bei a durch einen Canal Wasser geleitet wird. An der Kette befinden sich in bestimmter Entfernung Scheiben, die aus 2 Klappen bestehen, und die beim Aufsteigen und schon beim Durchgange der Kette durch das im Gefäß c c f d befindliche Wasser sich zurückschlagen, und so die Fortbewegung nicht aufhalten. Beim Herabgehen fallen sie durch ihr eignes Gewicht auf geschmiedete Stäbe und gehen scheibenförmig durch die Röhre K hindurch. Fig. 382. ist die Grundansicht eines Steges ohne Klappe, Fig. 383. die Seitenansicht zweier Kolben. Soll nun das Gebläse wirken, so wird in a das Aufschlagewasser zugeleitet; die nächste unter a befindliche Scheibe empfängt das Wasser und wird niedergedrückt; das hierdurch in Bewegung gesetzte Leitrad führt die folgende an die Stelle der ersten, und so geht es fort. Auf diese Weise steigen Räume, die unten mit Wasser, oben aber mit Luft angefüllt sind, hinab in das Gefäß g h k i, wo die Luft sich ansammelt, und durch das Rohr n r ausgeleitet wird, während das Wasser in den Behälter c c f d immer auf einem gewissen Niveau bleibt, und bei d abgeführt wird.

Ein anderes auch von Henschel erfundenes Gebläse ist ebenfalls

von guter Wirkung, das sogenannte Wassersäulengebläse, dessen nähere Erklärung jedoch zu weit führen würde.

Durch das einfache Gebläse erlangt aber der Wind keinen gleichförmigen Ausfluß, sondern es müssen zu diesem Zwecke Regulatoren mit demselben verbunden werden. Die einen Regulatoren sind große Kugeln von Eisenblech, deren Rauminhalt den Inhalt des Gebläsecylinders einige zwanzig Mal und mehr übertrifft, so daß durch jeden Kolbenstoß der Druck der Luft in der großen Kugel nur sehr wenig sich ändern kann. Bei andern ist der Rauminhalt des Regulators veränderlich, und man hat Trocken- und Wasserregulatoren. Die Trockenregulatoren bestehen in einem glatten ausgebohrten Cylinder, dessen Größe hinreichend ist, wenn sie den Gebläsecylinder um die Hälfte übertrifft. Durch den Boden desselben führen 2 Röhren, die eine aus dem Gebläse kommend, die andere nach der Düse führend. Als Deckel des Cylinders dient ein schwerer, gut anschließender Kolben, der durch die Kolbenstange senkrecht erhalten wird. Die sich nach allen Seiten hin ausdehnende Luft wird theils aus der Düse strömen, theils den Kolben heben, dessen Gewicht jedoch im Verhältniß zum Druck, den die Luft erleiden soll, genau bestimmt werden muß. Wird der Druck der Luft zu stark in dem Regulator, so hebt sich der Kolben, und durch die Vergrößerung des Raums läßt die Spannung nach; das Umgekehrte erfolgt, wenn der Druck zu schwach ist.

Der Wasserregulator besteht aus einem luftdichten, nur auf der untern Seite offenen Gefäße, und taucht mit dem untern Theil seiner Wände in einen Wasserkasten O. Fig. 384. Das Wasser hat bequemen Durchgang zwischen den Wänden des obern und untern Kastens, so daß beide Gefäße als zwei communicirende Röhren zu betrachten sind. Wird nun der Druck auf der Wasserfläche unter dem obern Gefäß größer, als der der atmosphärischen Luft auf das äußere Wasser, so muß das Wasser außen steigen, uud übt ein Druck auf die innere Luft aus. Soll sich die Größe des Unterschiedes der Wasserstände, von dem der Druck abhängt, nicht ändern, so muß der Rauminhalt des Regulators groß genug sein.

Um aber so viel als möglich einen gleichförmigen Wind sich zu verschaffen, muß man im Stande sein, jeden Augenblick den Druck des Windes in den Röhren zu erfahren; und so durch Versuche zu bestimmen, welcher Druck erhalten werden muß, damit die Arbeit am besten und schnellsten geht. Um sich nun die Kenntniß des Druckes zu verschaffen, bedient man sich eines Windmessers oder Manometers, das eine ganz ähnliche Einrichtung hat, wie ein Barometer, indem die verdichtete Luft auf das eine Ende einer Quecksilber- oder Wassersäule, die atmosphärische Luft aber auf das andere offene Ende derselben in den beiden communicirenden Röhren drückt. Fig. 385. ist für sich deutlich, A ist das Gefäß, worin die Glasröhre B luftdicht befestigt. Durch die Oeffnung a tritt die verdichtete Luft ein. Wollte man Wasser statt Quecksilbers anwenden, so muß die Säule höher sein, und man bedient sich dann der Einrichtung Fig. 386. Da das Wasser aber schneller verdampft, so müssen die mit Wasser construirten Manometer häufig

nachgesehen und das fehlende Wasser ersetzt werden, damit der Wasserstand im Gefäße stets derselbe ist. Am einfachsten ist aber die Einrichtung Fig. 387. Man durchbohrt einen Kork, schiebt die gebogene Heberröhre ein, füllt diese mit Quecksilber oder Wasser, und setzt sie mit dem Gebläse in Verbindung. Da die Geschwindigkeit des Winds durch die Länge der Forleitungsröhren geschwächt wird, so ist es gut, diese Manometer so nahe als möglich an der Düse anzubringen. Um nun die Menge Q der in einer Secunde ausströmenden Luft zu erhalten, braucht man nur die Geschwindigkeit des Windes, mit der Größe der Düsenöffnung zu multipliciren, $Q = av$. Es ist aber die Geschwindigkeit v

$$v = 2\sqrt{gh\Delta \frac{P}{P+p}};$$

wo h die Höhe einer Wassersäule bedeutet, welche der Pressung des Windes beim gewöhnlichen Druck der Atmosphäre das Gleichgewicht hält, Δ das Verhältniß der Dichtigkeit von Wasser und Luft, P das Gewicht, mit welchem die atmosphärische Luft auf eine gewisse Fläche drückt, und p den Druck, den jene einer Wassersäule h das Gleichgewicht haltende verdichtete Luft ausübt; g ist = 15,6 rheinl. F. Es muß aber obiger Ausdruck noch für den Barometerstand von 28 Zoll, und den Thermometerstand von 0° corrigirt werden. Auch darf man nicht die ganze berechnete Geschwindigkeit nehmen, sondern nach d'Aubuisson ist der Geschwindigkeitscoefficient, d. h. derjenige Bruch, mit welchem sie noch multiplicirt werden muß, = 0,94 bei Ansatz einer konischen Röhre. Nach Schmidt ist der Geschwindigkeitscoefficient, wenn die Ausflußöffnung in einer dünnen Wand ist = 0,52 und wächst bei Ansatz einer cylindrischen Röhre von etwa 1 Zoll Länge auf 0,6. Eine konische Röhre gibt die größte Geschwindigkeit, und diese steigt am höchsten, wenn die äußeren Durchmesser sich verhalten wie 1 : 2, und die Länge den Durchmesser 5 bis 10 Mal übertrifft. d'Aubuisson bestimmte den Querschnitt des zusammengezogenen Luftstrahls bei einer dünnen Wand = 0,65, bei einer cylindrischen Röhre = 0,93, bei einer konischen = 0,95 von dem Querschnitt der Oeffnung. Es findet offenbar eine Zusammenziehung statt, wie beim Wasser. (Vergl. d. Art. Springbrunnen S. 270 f.)

Die Erfahrung hat durch viele Versuche deutlich bewiesen, daß man durch Gebläse mit erhitzter Luft, bedeutend an Brennmaterial spart und auch den Schmelzproceß fördert. Die Apparate, welche dazu dienen, die Luft zu erhitzen, sind einfach, indem die verdichtete Luft durch lange Röhren geleitet wird, die entweder durch besondere Feuer, oder gleich durch die Gichtflamme erhitzt werden. In der Nähe der Düsen sind Oeffnungen angebracht, durch welche man sich von dem Hitzgrade der Gebläseluft überzeugen kann, indem man Stäbchen von Blei und Zinn, oder von Legirungen aus beiden, deren Schmelzpunkt man genau kennt, eintaucht. Die ersten Versuche wurden auf der Clyde Hütte in Schottland, in der Nähe bei Glasgow, 1829 gemacht. Die Luft wird auf 257° R. erhitzt, so daß ein hineingehaltenes Bleistäbchen augenblicklich abschmilzt. Hier haben sich folgende Vortheile herausgestellt: Sonst ge-

brauchte man zur Erzeugung einer Tonne Roheisen, 7 Tonnen 15 C. Steinkohlen, jetzt 2 Tonnen 19 C., wovon 11 C. auf die Feuerung der Gebläsemaschine und 8 C. zur Feuerung des Apparats, um die Luft zu erhitzen, abgehen. Auch ist ein geringerer Zuschlag nöthig, indem bei der größeren Hitze die Massen leichter in Fluß kommen, die tägliche Produktion ist von 6 Tonnen auf 9 Tonnen gestiegen, und das Roheisen ist besser als sonst. — Auf der Kalderhütte nahe bei Glasgow, braucht man jetzt zu einer Tonne Roheisen nur noch $2\frac{1}{2}$ Tonnen rohe Steinkohlen, und $5\frac{1}{2}$ C. Zuschlag, dessen man sonst 13 C. bedurfte, und gewinnt täglich $8\frac{1}{7}$ Tonne Roheisen, während man früher nur $5\frac{2}{7}$ Tonnen producirte. Im Sommer 1833 wurden in England und Schottland auf 21 Hüttenwerken 67 Hochöfen mit erhitzter Luft betrieben. Bei dem Betrieb auf Cupolöfen in London mit erhitzter Luft spart man gut ein Drittheil Coaks, und das Schmelzen geht noch einmal so rasch, so daß in einer Stunde eine Tonne Roheisen umgeschmolzen werden kann, wodurch der Abgang von letzterem auch geringer wird. — Zu Wasseralfingen in Würtemberg, erhitzt man bis auf 165 — 210° R., und während man bei kalter Luft zu 100 Pfund Roheisen 174 Pf. Holzkohlen brauchte, und wöchentlich 530 C. Roheisen erzeugte, so ist durch Anwendung von auf 210° erhitzter Gebläseluft der Kohlenverbrauch bis auf 113 Pf. auf 100 Pf. Roheisen gefallen, und die wöchentliche Produktion auf 740 C. gestiegen. In Malapane in Oberschlesien trägt der Holzkohlenhochofen mit heißer Luft angeblasen $\frac{1}{3}$ mehr Eisenerz. Zu Rübelande im Braunschweigschen betreibt man einen Holzkohlen-Cupolofen mit erhitzter Luft, und während man sonst auf 12 Pf. Kohlen höchstens 30 Pf. Roheisen setzte, so setzt man jetzt auf dieselbe Menge Kohlen 60 — 70 Pf. Roheisen, wobei das umgeschmolzene Roheisen noch sehr grau ist. Der Eisenabgang beträgt dabei im Ganzen 5 — 6 Procent.

Verdunstung bezeichnet diejenige Dampfbildung, (daher man eigentlich Verdampfung sagen sollte), welche an der Oberfläche von Flüssigkeiten und festen Körpern bei einer Temperatur geschieht, die unter dem Siedpunkte oder Schmelzpunkte jener Körper liegt; vorzüglich aber die Dampfbildung, welche überall auf der Erde vor sich geht, wo Wasseransammlungen in größerer oder geringerer Menge vorhanden und in Berührung mit der atmosphärischen Luft sind. (Vergl. d. Art. Quellen und Dampf.) Der hierbei erzeugte Dampf erhebt sich in die atmosphärische Luft und macht so lange einen unsichtbaren Gemengtheil derselben aus, als kein Grund vorhanden ist, daß er sich wieder in tropfbare Flüssigkeit verwandelt. So wie solche Gründe aber vorhanden sind, verwandelt sich der unsichtbare Dampf in größere oder kleinere Tropfen, die bei niedriger Temperatur auch wohl zu Eis erstarren, wird sichtbar und fällt endlich auf die Erdoberfläche. Jeder solcher wässrige Niederfall wird ein Niederschlag genannt, und es ist von den einzelnen Niederschlägen oder Hydrometeoren (Nebel, Wolken, Thau, Reif, Regen, Hagel, Schnee) in besondern Artikeln gehandelt. Die Gegenwart des Wasserdampfes in der Luft wird mit-

tels eigener Instrumente der Hygrometer (s. d. Art.) nachgewiesen. Die Größe der Verdunstung hängt bei im Ueberfluß vorhandener Wassermenge von der Größe der Oberfläche dieser Wassermenge, von der Beschaffenheit der Atmosphäre, namentlich von der Temperatur, von dem Luftzuge und von dem Grade ab, in welchem die Luft bereits durch Wasserdämpfe erfüllt ist. Um nun zu wissen, wie groß die Quantität der Verdunstung entweder unter gewissen Bedingungen, oder auch wohl durchschnittlich in gewissen Zeitabschnitten sei, bedient man sich der Verdunstungsmesser, Atmometer (v. d. griech. ἀτμός Dampf) Atmidometer, oder Evaporometer (v. d. lat. vapor, Dunst). Das sich zunächst darbietende Verfahren ist, daß man ein offenes Gefäß der Luft aussetzt und den nach einer gewissen Zeit erlittenen Gewichtsverlust bestimmt, welcher von der Verdunstung herrührt. So z. B. setzt man ½ bis 1 Quad. F. Fläche darbietendes bleiernes Gefäß von 3 Z. Tiefe auf eine Wagschale, und bringt durch Gewichte auf der andern Wagschale die Wage ins Gleichgewicht. So wie nun das Wasser verdunstet, erhält die Schale mit den Gewichten das Uebergewicht und die Größe desselben beobachtet man an der Zunge des Wagebalkens, welche vor einem eingetheilten Kreisbogen spielt. Bei derartigen Versuchen nimmt man im Allgemeinen an, daß die Größe der Verdunstung mit der Oberfläche im Verhältniß stehe, d. h. wenn eine gewisse Quantität Wasser = q von 1 Quadr. F. Wasserfläche verdunstet, von einer Fläche von 100 Quadr. F. eine Quantität Wasser = 100 q verdunste. So richtig dieser Satz im Allgemeinen ist, so findet er doch gerade auf kleinere Gefäße keine Anwendung; hier nämlich ist die Größe der Seitenflächen, welche der Luft ausgesetzt sind, so wie die Nähe des Bodens an der verdunstenden Fläche (d. h. die Tiefe des Gefäßes) von unbestreitbarem Einflusse. Daher ist der Atmometer überhaupt ein sehr unzuverlässiges Instrument und kann höchstens nur zu vergleichenden Bestimmungen über das Verhältniß der Verdunstung unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen dienen; niemals aber wird man einen Schluß aus der Verdunstung des Atmometers auf die einer großen Wasseransammlung, oder gar des feuchten Erdbodens machen können. Aber auch die atmosphärischen Bedingungen sind so unzähligen Modificationen und einem steten Wechsel ausgesetzt, daß es höchst schwierig ist, sie alle, welche Einflüsse auf die Verdunstung haben, in jedem einzelnen Falle zu bestimmen. Um die Menge des von stets feuchter Erde verdunstenden Wassers zu bestimmen, schlägt Bellani Fig. 388. ein heberförmiges Gefäß vor, dessen einer hinlänglich weiter Schenkel mit einem Deckel von wenig gebrannter und unglasirter, ebendaher aber poröser, und somit durch das aufsteigende Wasser stets feuchter, Erde verschlossen ist. Zweckmäßiger würde es nach Muncke sein, mit Rücksicht auf die verschiedenen Erdarten, ihre Kraft, die Feuchtigkeiten festzuhalten und die dieser umgekehrt proportionale Größe der Verdunstung vermittelst eines einfachen Apparates zu messen. Dieser dürfte nur aus einem blechernen Gefäße M, unten mit der einmal gebogenen Röhre bc Fig. 389. versehen, und einem andern B, mit der zu untersuchenden Erdart gefüllten, von bekannter Oberfläche bestehen, welches letztere am zweck-

mäßigsten in die Erde gegraben werden müßte, um den Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Seitenwände zu vermeiden. Im Gefäß B ist ein Raum durch eine mit feinen Löchern versehene Platte so abgesondert, daß das Rohr c höher und tiefer hineingesenkt werden kann. Wird dann die Oeffnung der Röhre c mit dem Finger verschlossen, das Gefäß M durch die obere Oeffnung mit Wasser gefüllt und mit der Schraube a luftdicht verschlossen, dann die Röhre c in den ihr bestimmten Raum im Gefäße B schnell hineingesenkt, so wird das Wasser vermöge des Luftdruckes bis zu einer durch die Tiefe, bis zu welcher die Oeffnung der Röhre c herabgedrückt wird, bestimmbaren Höhe steigen, und hiernach die Erde von unten auf mehr oder weniger feucht werden. Die Stärke der Verdunstung ließe sich dann entweder nach dem Gewichte oder dem Maße bestimmen. Nach gleichen Grundsätzen, als welche Bellani befolgt hat, ist das von Leslie vorgeschlagene Atmometer construirt. Dieses besteht aus einem leicht gebrannten, porösen, das Wasser durchlassenden thönernen Gefäße A Fig. 390. In dasselbe wird die Glasröhre dc eingesenkt, welche calibrirt und so eingetheilt ist, daß ein Ueberzug der Kugel von Wasser 0,001 Zoll betragend, einem Grade derselben entspricht. Oben ist die Röhre mit der Fassung a versehen, welche mit der Schraube b fest verschlossen werden kann. So wie also das Wasser im Gefäße A an die Oberfläche dringt, dort verdunstet, und daher sinkt, wird eine Luftblase in der Röhre cd aufsteigen und das Wasser nachsinken, wodurch man die Quantität des verdunsteten messen kann. Ist die Röhre gefüllt, zugeschraubt und in das mit Wasser gefüllte Gefäß gesenkt, so wischt man letzteres außen ab, und hängt das Ganze im Freien auf, verhütet aber das Herabträufeln des Wassers von der Kugel, welches bei schwacher Verdunstung wohl Statt finden könnte. Ist dann die Oberfläche der stets feuchten Kugel bekannt, und die Quantität des in gegebener Zeit verdunsteten Wassers gleichfalls, so hat man die Stärke der Verdunstung, welche nicht geändert wird, die Oberfläche mag glänzend vom Wasser oder anscheinend trocken sein. Der Vorzug eines nach Bellani's Angabe construirten Instrumentes besteht indeß darin, daß dasselbe eine größere und leichtere, wie auch mit mehr Genauigkeit zu berechnende Oberfläche hat, auch bei ihm kein Abtröpfeln Statt findet.*) Saussure hat

*) Mehr ein Hygrometer als ein Atmometer ist das von Anderson angegebene Instrument. An eine, etwa eine Linie weite Glasröhre wird die Kugel A. Fig. 391. und an das krummgebogene Ende derselben die andere B geblasen, letztere mit Weingeist gefüllt, dieser einige Zeit im Sieden erhalten, und wenn dadurch der Apparat luftleer geworden ist, das in eine Spitze ausgezogene Ende der Röhre bei c zugeblasen, dann der Apparat an die Scale de befestigt, die Kugel A mit feinem leinenen oder baumwollenen Zeuge umgeben, und dieses aus einem nebenstehenden Gefäße mit Wasser vermittelst eines Streifens Zeug oder Papier stets feucht erhalten. Indem das Wasser der feuchten Hülle, welche die Kugel A umgibt, verdunstet, wird Kälte erzeugt, der Weingeist aus der Kugel B durch Verdunstung in die

ein Atmometer angegeben, um mittels desselben die austrocknende Kraft der Atmosphäre zu bestimmen, welche auf Verdunstung beruht. Er wählte hierzu ein Rechteck von feiner Leinwand 13 und 10 Z. Seite haltend, spannte dieses in einen leichten Rahmen so, daß es denselben nirgend berührte, befeuchtete die Leinwand, und wog sie auf einer feinen Wage, so daß sie gerade eine Gewichtszunahme von 150 Gran erhielt. Wenn der Apparat diese Gewichtszunahme erhalten hatte, so hing er 6 Z. weit von demselben, der Mitte der Leinwand gegenüber, ein empfindliches Thermometer, beobachtete dann von 20 zu 20 Min. den Gewichtsverlust, bis dieser 60 bis 65 Gr. betrug, indem der Rest zu stark festgehalten, und die Verdunstung dadurch unregelmäßig wurde.

Im Allgemeinen verdunsten die Flüssigkeiten nicht allein bei der ihnen entsprechenden Siedhitze, sondern weit unter derselben. Es geben sogar einige feste Körper als Eis, Kampfer, Jod u. a. Dämpfe oder Dünste bei einer Temperatur, bei welcher sie noch nicht einmal in tropfbar flüssigen Zustand übergehen. Diese Dämpfe haben jedoch nicht, wie dieses bei der Dampfbildung siedender Flüssigkeiten der Fall ist, gleich bei ihrer Entstehung die größte Spannkraft (vergl. Dämpfe). Auch geräht die Masse der so verdunstenden Körper nicht in Bewegung, sondern die Dämpfe bilden sich nur an der Oberfläche. Indeß verdunsten die Flüssigkeiten nicht, wie man eine Zeitlang annahm, bei jeder Temperatur, sondern es gibt, wie Faraday nachgewiesen für jede Flüssigkeit eine gewisse Temperatur, unter welcher keine Verdunstung mehr Statt findet; und eine Menge Körper (namentlich die meisten Metalle und die Erden) gibt es, welche unter gewöhnlichen Umständen durchaus fix sind, d. h. durchaus keinen Dampf bilden. Die Temperatur, unter welcher keine Verdunstung mehr Statt findet, nennt Faraday die Verdampfungsgrenze. Bei einigen Körpern (den stets dampfenden) liegt diese Grenze so tief, daß sie durch keine künstliche oder natürlich vorkommende Erkältung erreicht wird; bei anderen Körpern dagegen liegt diese Grenze innerhalb der in unserer Gewalt stehenden Temperaturen. So ist das Quecksilber bei Temperatur oberhalb — 0°,88 R. flüchtig, unterhalb — 5°,33 R. aber fix, und concentrirte Schwefelsäure ist bei den gewöhnlichen Temperaturen der Luft fix. Die Temperatur der Verdampfungsgrenze ist diejenige, bei welcher die entstehenden Dämpfe eine Spannkraft haben, die mit ihrer Schwere und mit der Anziehung gleichartiger Theile unter einander im Gleichgewichte steht. Sobald die Temperatur unter diese Grenze hinabgesunken ist, werden die Theile einer Flüssigkeit oder eines festen Körpers stärker nach abwärts oder zu den gleichartigen

---

Kugel A geführt, und sinkt von hier in die Röhre c herab, so daß man aus der Höhe, bis zu welcher er darin steht, auf die Trockenheit der Luft und die Stärke der Verdunstung schließen kann. Ist nämlich die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt, so findet gar keine Verdunstung Statt, und die Röhre bleibt leer.

Theilen derselben Masse hinabgezogen, als sie durch das Bestreben expansibel flüssig zu werden (sich in Dampfform zu erheben), aufwärts getrieben werden. Faraday sagt ferner: Es ist in Laboratorien bekannt, daß die Verdampfung eines Körpers so kräftig unterstützt werden kann, daß dadurch gewisse Destillationen möglich sind, welche sonst ganz fehlschlagen würden. Mehre ätherische Oele, welche, wenn man sie für sich destilliren wollte, eine sehr hohe, zersetzend auf sie wirkende Temperatur erfordern würden, lassen sich, mit Wasser gemengt, bei viel niederer Temperatur und unverändert überdestilliren. — Man hat die Annahme gemacht, daß der Wasserdampf, entweder durch eine Verwandtschaft zum Dampf des ätherischen Oels, oder auf irgend eine andere Weise, die Verdampfungskraft des Oels bei der angewandten Temperatur erhöhe, und es dadurch fähig mache überzudestilliren. Allein es unterliegt keinem Zweifel, daß, wenn Luft oder eine andere elastische Substanz in gleicher Menge und in gleicher Weise, wie der Wasserdampf, mit dem bis 212° erhitzten Oele in Berührung käme, sie nach wohl bekannten Gesetzen den Dampf des ätherischen Oels, vielleicht in eben so großer Menge, fortführen und übertreiben würde. Nur die Leichtigkeit, mit welcher der Wasserdampf, als überführendes Agens angewandt, sich verdichtet, gestattet auch jedem Theilchen des Oelsdampfs sich zu verdichten, wogegen der bleibend elastische Zustand der Luft eine größere Portion des Oels in Dampfgestalt erhält, und daher die Ausbeute der Destillation verringert. Faraday stellte noch besondere Versuche an, um zu ermitteln, ob Substanzen, die nach seiner eben angegebenen Theorie und nach den hohen Temperaturen, bei denen sie merklich verdampfen, als fix bei gewöhnlichen Temperaturen anzusehen sind, wohl einen merklichen Grad von Flüchtigkeit erhalten würden, wenn man sie bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasser oder Dampf in Berührung setzte. Faraday reinigte daher mehre mit Stöpseln versehene Flaschen sorgfältig, und schmolz einige Röhren an einem Ende zu, welche als kleinere Gefäße in die Flaschen gestellt werden sollten. Dann brachte er gewisse Substanzen in die Röhren, und Auflösungen von andern in die Flaschen. Die Röhren wurden auf solche Weise gestellt, daß nur auf dem Wege der Verdunstung von einer Substanz etwas zu der andern gelangen konnte. (Wahrscheinlich, indem der offene Theil der Röhre etwas über das Niveau der Flüssigkeit in der Flasche hervorragte). Die Flaschen wurden darauf verstöpselt, sorgfältig überbunden, und in einen dunklen Schrank gestellt, wo sie beinah 4 Jahre ruhig stehen blieben. Das Resultat dieser Versuche war, daß salpetersaures Ammoniak, Quecksilberchlorid, Oxalsäure und vielleicht oxalsaures Ammoniak zu denjenigen Substanzen gehören, die in gewöhnlichen Temperaturen Dampf entwickeln, daß aber bei den übrigen in Beobachtung gezogenen Substanzen kein Uebergang stattgefunden hatte, obgleich das Wasser allerdings zum Theil in Dampfform übergangen war. „Es ist demnach, sagt Faraday, kein Grund da, zu glauben, daß Wasser oder sein Dampf denjenigen Substanzen Flüchtigkeit selbst im schwächsten Grade ertheile, welche für sich ihre Verdampfungsgrenze oberhalb der gewöhnlichen Tem-

peraturen liegen haben, und eben so wenig kann also in der Natur vorkommende Verdampfung Wirkungen der Art in der Atmosphäre erzeugen. *)

Den Einfluß, welchen bei der Verdampfung des Wassers im Freien die Luft ausübt, erklärte man sich früher so, daß man annahm, es finde eine chemische Auflösung des Wassers in der Luft statt. Hiergegen sprach zwar der Umstand, daß auch im luftleeren Raume das Wasser bei jeder Temperatur verdunstet, wo doch an eine chemische Auflösung nicht zu denken war, man glaubte jedoch, daß auf eine analoge Weise in der Luft die Verdunstung nicht stattfinden könne, weil hier der Druck der Atmosphäre eine freie Entwicklung verhindere, diese könne nur beim Sieden eintreten, d. h. wenn der Dampf sich mit einer Spannkraft, größer als die der Luft, entwickele. Am meisten sprach aber gegen die Ansicht einer chemischen Auflösung des Wassers in der Luft der Umstand, auf den zuerst Saussure aufmerksam machte (in Bezug auf Wasserstoffgas und Kohlensäure), und den Clement und Desormes nachher bestätigt fanden (in Bezug auf Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickgas, kohlensaures Gas) **), daß nämlich alle Gasarten genau dieselbe Menge Dampf unter ähnlichen Umständen enthalten, wie atmosphärische Luft. Wäre nämlich das Wasser mit jedem dieser Gase selbst in Gasform chemisch gebunden, so würde es sich in verschiedenen Verhältnissen mit ihnen verbunden haben. Die Lehre von der Verdunstung fand zuerst vollständige Erklärung durch Dalton. Derselbe stellte eine große Anzahl lehrreicher Versuche an. Zunächst beobachtete er die Schnelligkeit der Dampfbildung siedenden Wassers. Er fand hierbei, daß durch Umstände dieselbe vergrößert oder vermindert werde. Je stärker der Luftzug war, desto größere Quantitäten wurden nämlich in 1 Min. in Dampf umgewandelt. Bei den zahlreichen Versuchen, die Delton über die Verdunstung des Wassers unter 80° R. anstellte, zeigte es sich, daß die Mengen des in verschiedenen Temperaturen verdunsteten Wassers der Expansivkraft der Wasserdämpfe in diesen Temperaturen (s. d. Art. Dampf) genau proportional sind.

Da sich der Dampf in der Luft nicht mit derselben Schnelligkeit wie im luftleeren Raume entwickelt, so scheint es, als setze die Atmosphäre der Zerstreuung des Dampfes ein Hinderniß entgegen, welches durch die Expansivkraft der Dämpfe überwunden würde. Dieses Hinderniß kann

*) Man hat nämlich die Entstehung der Meteorsteine (s. d. Art.) daraus zu erklären gesucht, (weil in ihnen keine Stoffe auftreten, die nicht auch auf der Erde gefunden werden), daß man annahm, die Substanzen, aus welchen sie bestehen, hätten sich in Dampfform von der Erde erhoben. Da diese Substanzen solche sind, welche bei gewöhnlicher Temperatur nicht verdampfen, so hätte man die Hypothese dadurch unterstützen können, daß man meinte, sie wären vom Wasserdampf mit emporgeführt oder von ihm zur Verdampfung bestimmt worden.

**) Sie sättigten nämlich die verschiedenen Gase und eben so auch atmosphärische Luft mit Wasserdampf, und leiteten sie hierauf über geglühten Chlorkalk, welcher das Wasser begierig anzieht. Hierbei erhielten sie bei allen Gasen gleiche Quantitäten Wasser.

nicht der Druck der Atmosphäre sein, denn in diesem Falle könnte sich unter 80° R. überhaupt gar kein Wasserdampf bilden. Dalton sucht dasselbe daher aus dem Beharrungsvermögen der Lufttheilchen zu erklären, so daß der aufsteigende Dampf in den Lufttheilchen in ganz ähnlicher Weise aufgehalten werde, wie z. B. Kieselsteine zwischen ihnen hinfließendes Wasser aufhalten. Dalton erinnert, daß wenn die angegebene Theorie der Verdunstung durch Versuche in niederen Temperaturen untersucht werden solle, man nicht vergessen dürfe, dabei auf die Kraft der zur Zeit des Versuches schon in der Atmosphäre vorhandenen Dämpfe zu sehen. Stellt man z. B. den Versuch mit Wasser in der Temperatur von 59° F. an, in welcher die Expansivkraft des Wasserdampfs $\frac{1}{60}$ von der des Wasserdampfs in der Siedehitze ist, so darf man nicht erwarten, auch in einer Minute $\frac{1}{60}$ so viel Wasser als bei der Siedhitze verdunsten zu sehen. Träfe es sich, wie es manchmal im Sommer der Fall ist, daß schon eine wässrige Atmosphäre von derselben Expansivkraft vorhanden wäre, so würde vielmehr gar keine Verdunstung erfolgen. Wäre dagegen die wässrige Atmosphäre von geringerer, etwa von $\frac{1}{2}$ so großer Kraft, welche der Expansivkraft des Wasserdampfs bei 39° F. entspricht, so würde die wirkliche Kraft der Verdunstung nur $\frac{1}{120}$ von der Kraft der Verdunstung des kochenden Wassers betragen. Ueberhaupt ist die Kraft der Verdunstung immer gleich der Expansivkraft des Wasserdampfes von der jedesmaligen Temperatur, weniger der Expansivkraft des schon in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes.

„Um die Größe der Verdunstung in den Temperaturen, welche in der Atmosphäre Statt finden, zu beobachten, sagt Dalton, bediente ich mich zweier leichter Gefäße aus Zinn, deren eins 6, das andere 8 Zoll im Durchmesser hatte, und jenes $\frac{1}{2}$, dieses $\frac{3}{4}$ Zoll tief war. Eins dieser Gefäße (meist nahm ich das 6 Zoll weite) wurde an eine Wage aufgehangen, dann Wasser hineingegossen, und das Ganze bis auf einen Gran genau abgewogen. Darauf setzte ich es 10 oder 15 Minuten lang in ein offenes Fenster, oder an einen andern freien Platz, und wog es wieder, um den Verlust zu bestimmen, den es durch Verdunstung erlitten hatte. Zugleich wurde die Temperatur des Wassers beobachtet, die Expansivkraft der wässrigen Atmosphäre ausgemittelt, und die Stärke des Luftzugs bemerkt. Ich habe so eine große Menge von Versuchen, unter sehr verschiedenen Umständen, theils im Winter, theils im Sommer, bei schwacher wie bei starker Kraft der Verdunstung angestellt, und es zeigte sich, daß ihre Resultate mit der Theorie völlig übereinstimmen. Immer verdunstet bei gleicher Kraft der Verdunstung dieselbe Menge von Wasser, von welcher Temperatur auch die Luft war, so genau, als sich dieß nur beobachten läßt; nur daß ein starker Wind, bei unveränderter Kraft der Verdunstung, den Effect, wie er in stiller Luft sein würde, verdoppelt. Correspondirt so z. B. die Expansivkraft der wässrigen Atmosphäre in einem Falle mit 40°, in einem andern mit 60° F. und die Temperatur der Atmosphäre ist im ersten Falle 60°, im zweiten 72°, so ist in beiden die Verdunstung dieselbe, und aus einem cylindrischen Gefäße von 6 Zoll Durchmesser verdunstet in beiden Fällen bei ruhiger Luft ungefähr 0,9 Gran, bei einem

heftigen Winde gegen 1,8 Gran Wasser in jeder Minute; und die zwischen beiden liegenden Mengen hängen lediglich von der Stärke des Windes ab.''

Da bei der Dampfbildung stets Wärme absorbirt wird (s. d. Art. Dampf), so muß auch jede Verdunstung von einer Abkühlung begleitet werden, indem bei der Verdunstung diese Wärme nicht wie beim Sieden aus einer eigenen Wärmequelle zufließt, sondern diese Wärme der nächsten Umgebung entzogen werden muß. Es ist dieses durch tägliche Erfahrung bekannt. Die Empfindung von Kälte, wenn man naß geworden, oder geschwitzt hat, die Abkühlung der Luft durch einen Regen, das Kühlerhalten von Zimmern durch Sprengen mit Wasser, das Frieren bei feuchter Witterung, besonders bei feuchten Winden erklären sich hieraus. Je schneller eine Flüssigkeit verdunstet, desto stärker ist die Temperaturerniedrigung. Hierher gehörige Beispiele sind angegeben in d. Art. Alcaraza und Luftpumpe; auch beruhen die Hygrometer (s. d. Art.) von Daniell, Körner und Leslie auf diesem Principe. Senkt man die Kugel eines Thermometers in feuchten Schwamm und setzt diesen dann der Sonne aus, so erniedrigt sich in Folge der Verdunstung der Stand des Thermometers in der Sonne. Ein Instrument, die Kälteerzeugung durch Verdunstung auf sehr interessante Art zur Anschauung zu bringen, ist der von Wollaston angegebene sogenannte Kryophor. Um ihn zu verfertigen, nimmt man eine Glasröhre von willkührlicher Länge, z. B. von der Länge der Barometerröhren, bläst an jedem Ende derselben ein Kugel, die ungefähr den 4fachen Durchmesser der Röhre hat (etwa 1 Zoll), zieht die eine in einer Spitze aus, füllt die andere mit Wasser beinahe voll und bringt dieses ins Kochen. Haben die Wasserdämpfe die Luft herausgetrieben, so schmilzt man die Spitze der obern Kugel vor dem Löthrohre zu. Die eine Kugel bleibt dann etwa noch zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und der Apparat ist fast luftleer. Man biegt die Röhre dicht vor jeder Kugel in einen rechten Winkel. Taucht man dann die leere Kugel in eine Mengung von Salz und Schnee, so gefriert das Wasser der andern Kugel in wenigen Minuten, obgleich es von der Frostmischung entfernt ist; denn dadurch, daß die aus dieser Kugel entwickelten Dämpfe in der andern erkalten, sich sofort wieder verdichten, und daß die Röhre selbst luftleer ist, wird die Verdunstung aus ersterer so beschleunigt, daß das Gefrieren erfolgt. Uebrigens läßt sich diese Erscheinung auch ohne Frostmischung bewirken, wenn man die leere Kugel mit Leinwand überzieht, diese mit Aether befeuchtet, und dann die Luft um sie, wenn auch nur mäßig, verdünnt. In diesem Fall bewirkt die durch Verdunstung des Aethers erzeugte Kälte die Condensirung der Dämpfe.

Um den Dampfgehalt der Atmosphäre in verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen zu prüfen, bedient man sich der verschiedenen Hygrometer. Bei den Beobachtungen des Hygrometers verlangt man zwei Dinge zu wissen, nämlich die wirkliche Dampfmenge, d. h. entweder das Gewicht oder die Spannung des in einem Kubikfuß enthaltenen Wasserdampfes, Kämtz, (den wir im Folgenden zum Führer nehmen, nach dessen Meteorologie), nennt dieses den absoluten Feuch-

tigkeitszustand der Atmosphäre; sodann kann ab·r auch untersucht werden, wieviel Dampf die Atmospäre noch aufnehmen kann, wenn sie bei der vorhandenen Temperatur gesättigt werden soll; Kämtz nennt dies den relativen Feuchtigkeitszustand. Vergl. d. Art. Hygrometer. Nach Saussures Bemerkung ist die Luft im Allgemeinen einige Zeit nach Sonnenaufgang am feuchtesten und nun rückt das Hygrometer nach und nach gegen den Punkt der größten Trockenheit, bis es diesem, etwa eine Stunde, nachdem die größte Tageswärme eingetreten war, am nächsten liegt, worauf der Hygrometer sich wieder bis zum folgenden Morgen zurück bewegt. Kämtz erinnert, daß wir hier nur den relativen Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre haben; behielte jedoch die Atmosphäre auch dieselbe Dampfmenge während des Tages, so müßte das Hygrometer nach und nach größere Trockenheit der Atmosphäre zeigen. Ist zugleich der Stand des Thermometers aufgezeichnet, so läßt sich der Dampfgehalt der Atmosphäre leicht berechnen. Seit längerer Zeit ist zu Genf der Stand sowohl des Hygrometers als des Thermometers aufgezeichnet worden, und Kämtz hat aus 5jährigen Beobachtungen von 1819 bis 1823 die Mittel für die einzelnen Monate berechnet.

Monat.	Thermometer C.		Haarhygrometer		Dampfgehalt		
	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Mittel.
Jan.	— 1°,1	2°,5	92°,4	84°,6	1''',58	1''',67	1''',62
Febr.	0,0	5,6	91,6	74,8	1,71	1,67	1,69
März	2,3	9,5	89,3	70,2	1,86	1,85	1,86
April	5,8	14,8	91,9	65,7	2,47	2,31	2,39
Mai	9,2	19,0	91,8	66,8	3,14	3,03	3,08
Jun.	10,7	20,7	91,7	69,9	3,43	3,54	3,48
Jul.	13,3	21,4	93,3	69,1	4,43	3,73	4,08
August	12,7	22,4	95,0	69,4	4,24	4,06	4,15
Sept.	10,3	18,9	94,9	72,1	3,61	3,52	3,56
Octbr.	6,8	12,7	93,1	78,5	2,76	2,82	2,79
Novbr.	3,2	7,5	94,6	77,5	2,15	1,95	2,05
Decbr.	0,8	4,1	90,7	82,8	1,77	1,75	1,76

Durchgängig steigt hier das Hygrometer vom Aufgange der Sonne bis zu 2 Uhr; aber während der Stand am Morgen im Laufe des ganzen Jahres einen Unterschied von wenigen Graden zeigt, ändert sich der Stand um 2 Uhr bei weitem mehr; im Sommer befindet sich das Hygrometer um 2 Uhr dem Punkte der größten Trockenheit weit näher als im Winter, dann aber ist auch der Unterschied zwischen den Temperaturen zu beiden Tageszeiten größer.

Aus der Berechnung des Dampfgehaltes*) ergibt sich, daß der

*) Diese Berechnung kann mit Benutzung der Tabelle im Art. Hygrometer S. 159. und der Tabelle im Art. Dampf S. 447. geschehen. Hat

Druck der Dampfatmosphäre zu beiden Tageszeiten ziemlich gleich, im Mittel des Jahres beim Aufgange der Sonne 2''',76, um 2 Uhr A. 2''',66 ist. Die meisten Monate geben ebenso am Abende eine geringere Dampfmenge als am Morgen. Aehnliche Resultate geben auch Berechnungen und Beobachtungen von Dove und Bouvard. Der Grund der Abnahme in dem Drucke der Dampfatmosphäre während des Tages ist nach Saussure folgender. Indem die Atmosphäre während der Nacht erkaltet, kommt sie dem Zustande der Sättigung immer näher, und es bilden sich immer Niederschläge in den niedern Regionen, welche wir unter der Gestalt von Thau und Nebeln wahrnehmen; dadurch entsteht am Boden ein dampfleerer Raum und die Dämpfe sinken aus den oberen Schichten herab. Am Morgen verdunstet dieses Wasser, der Druck der Dampfatmosphäre am Boden nimmt zu, und daher tritt das Maximum der Feuchtigkeit erst einige Zeit nach der größten Tageswärme ein. So wie die Wärme größer wird, führen aufsteigende Luftströme die Dämpfe nach oben, und daher nimmt der Dampf am Boden ab, obgleich durch die ununterbrochene Verdunstung stets neue Dämpfe entwickelt werden. — Ist diese Hypothese richtig, so müssen die Aenderungen des Hygrometers selbst unter Voraussetzung gleicher Wärmeänderungen in der Höhe geringer sein; die absolute Dampfmenge ist am Tage größer als am Morgen und in der Nacht. Saussure folgerte dieses bereits aus Erfahrungen, welche er in mäßigen Höhen gemacht hatte, und in der Folge fand er dieses durch Messungen auf dem Montblanc bestätigt, indem hier das Hygrometer am Morgen weiter vom Punkte der Feuchtigkeit entfernt war, als am Tage; eben dieser Meinung sind auch de Luc und Dove beigetreten. Die Beobachtungen in dem Kloster auf dem St. Bernhard zeigen auf das entschiedenste diese geringere Bewegung des Hygrometers und die Zunahme im Drucke des Dampfes während des Tages. Beobachtungen, welche gleichzeitig mit dem oben erwähnten in Genf angestellt wurden, gaben folgende Resultat:

Monat.	Thermometer C.		Hygrometer		Druck des Dampfes		
	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Mittel.
Jan.	—11°,6	—6°,4	84°,	79°,9	0''',69	0''',79	0''',74
Febr.	9,2	4,7	85,5	76,0	0,75	0,81	9,78
März	8,1	2,5	87,3	76,8	0,87	0,98	0,93
April	4,6	1,5	88,2	78,5	1,11	1,31	1,21
Mai	0,8	5,7	87,1	78,9	1,43	1,80	1,61
Jun.	1,3	7,3	85,8	80,0	1,63	1,96	1,80

---

man nun z. B. beobachtet, daß das Haarhygrometer 76° bei einer Temperatur = 20° C. zeigte; so sieht man aus Taf. S. 159. daß diesem Stande des Hygrometers eine Spannung = 55,25 entspricht; wenn die im Zu-

Monat.	Thermometer		Hygrometer		Druck des Dampfes.		
	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Aufgang.	2 Uhr.	Mittel.
Jul.	— 3°,3	— 8°,5	85°,3	80°,8	1''',80	2''',26	2''',03
August	5,2	10,1	86,0	81,2	2,07	2,56	2,32
Sept.	2,2	6,7	86,4	81,0	1,72	2,02	1,87
Octbr.	2,1	1,2	84,6	81,7	1,22	1,44	1,33
Novbr.	5,0	1,4	86,3	84,1	1,06	1,22	1,14
Decbr.	5,9	4,4	87,9	86,7	0,91	1,01	0,96

Das Hygrometer befolgt hier einen ganz andern Gang als in Genf; es zeigt in allen Monaten beim Aufgange der Sonne eine größere Trockenheit, am Abende dagegen meistens eine größere Feuchtigkeit als in Genf. Freilich sind die Oscillationen des Thermometers auch geringer, daß aber diese nicht allein Ursache dieses abweichenden Ganges sind, das zeigen die daneben stehenden Größen, welche den Druck des Dampfes angeben, indem diese in allen Monaten am Abende größer sind als am Morgen, indem zu jener Zeit die Wärme der Sonne stärker, der aufsteigende Strom also lebhafter ist.

Kämtz hat um den Gang der Feuchtigkeit während des Jahres zu übersehen, Beobachtungen von Paris, Genf, London und vom St. Bernhard verglichen und ist zu folgendem Resultate gekommen. Die Dampfmenge, welche in der Atmosphäre vorhanden ist, steigt in demselben Verhältnisse, in welchem die Temperatur größer wird; beide sind im Januar am kleinsten, im Julius am größten. Suchen wir die Tage auf, an denen die Extreme Statt finden, so erhalten wir

	Minimum.	Maximum.
London	14. Januar	3. August
Paris	28. Januar	12. August
Genf	16. Januar	27. Julius
St. Bernhard	21. Januar	28. Julius.

Nehmen wir das Mittel dieser vier Bestimmungen, so tritt das Minimum am 20. Januar, das Maximum am 25. Julius ein, beide

---

stande der Sättigung = 100 angenommen wird. Bei jener Temperatur entspricht aber die Dichtigkeit des Dampfes einer Quecksilbersäule = 0,575 Par. Zoll (nach Taf. S. 447. im Art. Dampf). Mithin erhält man den Dampfgehalt $x = \frac{0,575 \ . \ 55,25}{100} = 0,32$ Zoll = 3''',84 (durch eine Quecksilbersäule ausgedrückt, der er das Gleichgewicht hält) für den gegenwärtigen Fall, durch die Proportion 0,575 : 100 = x : 55,25.

also einige Tage später als die Temperaturextreme. — Völlig verschieden dagegen ist der Gang der relativen Feuchtigkeit. Wenn die Wärme nach der Mitte des Januars zu steigen anfängt, dann verdunstet zwar sogleich eine größere Menge von Wasser, aber da sich die Dämpfe nur langsam durch die Atmosphäre verbreiten, so nimmt die Dampfmenge nicht so schnell zu, als man nach der Aenderung der Temperatur erwarten sollte, die Atmosphäre wird relativ trockner. Es zeigt sich dieser Umstand besonders im April und Mai, wo die Wärme am geschwindesten steigt. Wenn sich späterhin das Thermometer weniger ändert, dann nimmt die Dampfmenge etwas schneller zu, als die Wärme, und die Luft kommt dem Zustande der Sättigung näher; dieses wird desto auffallender, je mehr die Temperatur im Herbste sinkt, indem das in der Atmosphäre aufgelöste Wasser zum Theil niedergeschlagen wird. Suchen wir die Tage auf, an denen die Extreme Statt finden, so erhalten wir

	Minimum.	Maximum.
London	31. Mai	12. December
Paris	26. Mai	20. December
Genf	1. Mai	25. December.

Auf dem St. Bernhard ändert sich die relative Feuchtigkeit so wenig, daß man fast glauben möchte, sie sei das ganze Jahr hindurch constant. — Es ist wahrscheinlich, daß die relative sowohl als die absolute Feuchtigkeit immer mehr abnimmt, je weiter wir uns von den Küsten ins Innere der Continente begeben, aber bis jetzt fehlt es uns durchaus an Beobachtungen, um das Quantitave dieser Aenderung zu bestimmen. Da das Wasser im Innern der Continente bei derselben Temperatur weit schneller verdunstet, als in der Nähe der Küsten, so geht hieraus schon die größere Trockenheit jener Gegenden hervor; ist in Ungarn während eines Tages kein Regen gefallen, so ist die ganze Atmosphäre mit Staub gefüllt, und der Schweiß hat sich auf der Oberfläche des Körpers kaum gebildet, so ist er auch bereits verschwunden.

Die Elasticität des Dampfes ist an jedem Orte vielen Schwankungen unterworfen. Namentlich die Winde sind in dieser Beziehung von großem Einfluß. Nach Beobachtungen von Daniell ist im Allgemeinen der Dampfgehalt bei den warmen Südwinden viel größer als bei den kalten Nordwinden. Dove hat den Dampfgehalt der Atmosphäre aus den Beobachtungen von Daniell hergeleitet und für die einzelnen Winde (nach den Himmelsgegenden) folgende Drucke der Dampfatmosphäre gefunden:

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter	2''',43	2''',18	2''',18	3''',04	3''',56	3''',62	3''',24	2''',72
Frühling	3,22	3,14	4,10	4,33	4,49	4,15	3,88	3,35
Sommer	4,74	4,59	5,49	6,10	6,74	6,13	5,48	4,96
Herbst	3,29	3,78	3,81	4,87	4,90	5,17	4,46	3,84
Jahr	3,56	3,42	3,76	4,66	4,91	4,71	4,27	3,76

Aehnliche Untersuchungen hat auch Kämtz angestellt, und im Allgemeinen hat derselbe gefunden, daß das Minimum (der geringste Druck) des Druckes im Durchschnitt bei NO., das Maximum (der höchste Druck) etwas westlich von S. fällt. Beide Extreme bewegen sich im Laufe des Jahres um diese Richtung; das Maximum liegt während des Sommers bedeutend östlich von Süden. Die Abhängigkeit des Dampfgehaltes von der Richtung des Windes ist so groß, daß man meistens auf eine Aenderung der Windrichtung rechnen darf, wenn sich der Thaupunkt am Schwefelätherhygrometer ändert. Auch der relative Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre ist keinesweges bei allen Winden gleich groß; im Durchschnitt ist die Luft bei NO.-Winden weiter vom Zustande der Sättigung entfernt als bei S.- und SW.-Winden. In einzelnen Fällen, bemerkt Kämtz, zeigen sich aber bedeutende Ausnahmen. So geschieht es nicht selten, daß die Luft bei NO.-Winden fast gesättigt, bei SW.-Winden aber sehr trocken ist. Wenn nämlich längere Zeit hindurch Südwinde geweht haben, und der Wind schnell nach NO. geht, so gibt sich dieser sogleich durch eine kältere Temperatur zu erkennen, und die Atmosphäre kommt dem Zustande der Sättigung näher. Ganz etwas Aehnliches gilt vom SW.-Winde, welcher in unsern Gegenden zuerst über einen Theil des Festlandes kommt, und sich durch höhere Temperatur auszeichnet; erst nach einiger Zeit, wo die Luft vom Meere anrückt, bewegt sich das Hygrometer gegen den Punkt der Sättigung. Saussure erwähnt eine Beobachtung dieser Art im März 1781. Das Wetter war längere Zeit hindurch bei NO.-Winden heiter und trocken gewesen; am 25sten um 3^{h} 15' Abends stand das Thermometer auf 15° R., das Haarhygrometer auf 44°; am 26sten früh ging der Wind nach SW., Nachmittags stand das Thermometer auf 19°, das Hygrometer auf 41°; bei unverändertem Winde stieg das Hygrometer am 27sten auf 50°, und am 28sten regnete es.

Mehrfache Beobachtungen zeigen an, daß mit der Erhebung in die Luft der Feuchtigkeitszustand abnimmt. Man hat diese Bemerkung sowohl bei der Erhebung auf Bergen als in Luftballons gemacht. Jedoch läßt sich etwas Bestimmtes hierüber nicht sagen, da es andererseits auch Beobachtungen gibt, welche eher eine Zunahme der Feuchtigkeit mit der Höhe anzeigen. Ueber den Zusammenhang der Verdunstung mit dem aus der Atmosphäre wieder sich niederschlagenden Wasser s. besonders den Art. Regen.

Vervielfältigungskreis oder (lat.) Multiplicationskreis, der Meridiankreis und der Theodolit sind drei astronomische In-

strumente, welche so viel Aehnlichkeit in ihrer Construction mit einander haben, daß es passend schien, ihre Beschreibungen zusammenzufassen. Ich werde diese Beschreibung nach Littrow's vortrefflichem Werke „Der Himmel ꝛc." mittheilen. Der Meridiankreis dient um mit Genauigkeit die Höhen und dadurch die Abweichungen der Gestirne zu bestimmen. Es ist von Römer erfunden worden, der auch das Mittagsfernrohr zuerst hergestellt hat (s. d. Art. Passageninstrument) und unterscheidet sich von diesem insbesondere dadurch, daß der Halbkreis (vergl. Fig. 12.), welcher dient das Fernrohr zu stellen, in einen genau getheilten Kreis verwandelt, und mit der größten Sorgfalt gearbeitet ist. Fig. 392. zeigt den Meridiankreis nach seinen vorzüglichsten Theilen, nach der ihm von Reichenbach gegebenen Einrichtung. Man bemerkt hier wieder, wie bei dem Mittagsrohre, die auf den beiden Pfeilern P und Q ruhende horizontale Drehungsaxe AB, in deren Mitte das darauf senkrechte Fernrohr CD angebracht ist. Die beiden Enden AB dieser Drehungsaxe sind mit ihren Pfeilern durch zwei Metallstücke in Verbindung, deren jedes aus zwei starken Platten besteht. Die ersten dem Pfeiler nächsten Platten sind unmittelbar an dem Pfeiler fest, und die anderen, welche die eigentlichen Lager tragen, auf welchen die cylindrischen Enden der Rotationsaxe aufliegen, lassen sich an den ersten Platten durch Schrauben bewegen, und zwar die eine auf und nieder, um dadurch die Rotationsaxe mittels der Libelle horizontal zu stellen, und die andere im Horizonte vor- und rückwärts, um dadurch diese Axe senkrecht auf den Meridian oder das Fernrohr CD in die Ebene des Meridians zu bringen. — An dem einen Ende der Rotationsaxe sind zwei concentrische, gegen diese Axe senkrechte Kreise mn angebracht. Die Peripherien dieser beiden in einer Ebene liegenden Kreise sind einander so nahe, daß sie sich beinahe berühren, und daß ein unbewaffnetes Auge nur mit Mühe die Grenze unterscheidet, die sie von einander trennt. Der größere oder äußere dieser beiden Kreise ist an seinem mit Silber eingelegten Rande in Grade und Minuten eingetheilt, und dieser Kreis ist mit der Rotationsaxe fest und unveränderlich verbunden, so daß er sich, wie das Fernrohr, zugleich mit dieser Axe dreht. Der kleinere oder innere Kreis, der auch die Alhidade genannt wird, trägt an vier Orten seines Randes, von welchen Orten je zwei einander gegenüber stehen, einen Vernier, um dadurch, die Minuten des andern Kreises noch weiter in kleinere Abtheilungen zu zerlegen so daß man jetzt mit Hilfe beider Kreise unmittelbar zwei Secunden lesen, und selbst die einzelne Secunde meistens noch mit Sicherheit schätzen kann. Statt dieses Vernier können wir hier einstweilen eine einfache feine gerade Linie substituiren, die am Rande des innern Kreises, an vier Orten desselben, in der Richtung des Halbmessers gezogen ist, und mittels welcher man die Lage des äußeren Kreises gegen den festen innern auf diesem letzten ablesen kann. Dieser zweite Kreis, oder die Alhidade, ist nicht wie der erste an der Drehungsaxe AB, sondern er ist an dem Pfeiler P befestigt, und bleibt daher, auch während der Drehung des ersten Kreises,

fest und unveränderlich stehen. Die Oeffnung im Mittelpunkte dieser Alhidade ist nämlich etwas größer, als das Ende A der Drehungsaxe, damit diese frei durch jene Oeffnung gehen kann. Die Befestigung der Alhidade an dem Pfeiler aber wird durch die starke metallene Vorrichtung a b bewirkt. Der Theil a dieser Vorrichtung ist ein starkes, in den Pfeiler fest eingemachtes Eisenstück, und der Theil b ist eine solide Platte von Messing, die an ihrem obersten Theile mit dem Mittelpunkte der Alhidade durch Schrauben fest verbunden ist. Beide Theile sind bei c mit einander durch eine feine Schraube in Verbindung gebracht. Um sich von der unveränderlichen Lage der Alhidade zu versichern, wird an die Speichen derselben, bei d, eine Libelle befestigt. Wenn sich diese Libelle durch irgend eine kleine Verstellung der Alhidade ändert, so wird durch die erwähnte feine Schraube bei c die Alhidade in ihrer Ebene bewegt, bis die Blase jener Libelle wieder den frühern Ort, also auch die Alhidade selbst wieder ihre erste Stelle einnimmt. — Eine ähnliche Vorrichtung hat man auch an dem andern Ende B der Rotationsaxe. Man sieht hier das in dem Pfeiler Q befestigte Eisenstück a′, und die solide Platte b′ von Messing. Diese Platte umgibt in ihrem obern Theile bei d′ die Rotationsaxe frei, so daß diese ungehindert durch die etwas größere Oeffnung der Platte gehen kann. Allein durch die Mitte dieser Platte und längs der Richtung c′d′ geht eine metallene Stange, deren unteres Ende bei c′ in einer Schraubenmutter läuft, und mit einer granulirten kleinen Scheibe versehen ist, die man bei h sieht, und mittels welcher man jene Stange bequem drehen kann. Bewegt man diese Schraube h rückwärts, so geht das obere Ende d′ der Stange herab, und läßt die Rotationsaxe ganz frei, daher man jetzt diese Axe mit dem Fernrohre und dem an sie befestigten äußern Kreise frei drehen, und das Fernrohr nahe auf den eben zu beobachtenden Stern so stellen kann, daß er wenigstens in dem Felde des Fernrohrs erscheint. Hat man dieß erlangt, so wird man nun noch das Fernrohr sammt seinem äußern Kreise etwas, wenigstens sanft bewegen müssen, um nun auch den horizontalen Faden im Brennpunkte des Fernrohrs ganz genau auf das Gestirn zu stellen. Um dieß mit Sicherheit zu bewirken, schraubt man zuerst die Stange durch ihre verticale Schraube h wieder aufwärts, wodurch der obere Theil d′ dieser Stange an die Rotationsaxe angedrückt, und dadurch ihre Axe, sammt Kreis und Fernrohr, gleichsam festgestellt wird, und jetzt kann man mittels einer andern feinen horizontalen Schraube f c′, deren granulirte Scheibe bei f ist, die Platte c′d′, also auch die jetzt an sie gleichsam befestigte Rotationsaxe sehr sanft und so lange bewegen, bis der Stern von dem horizontalen Faden des Fernrohrs bedeckt wird. In diesem Zustande liest man den Ort der vier Verniere der Alhidade an dem äußern Kreise ab, und das Mittel aus diesen vier Ablesungen gibt die gesuchte beobachtete Höhe des Sterns. An dem Instrumente sind noch einige Vorrichtungen angebracht, welche die Sicherheit und Bequemlichkeit des Instrumentes erhöhen. Erstens ist die Rotationsaxe ihrer Länge nach, und auch der Pfeiler in der Richtung di ser Axe ausgehöhlt, um durch eine an der andern Seite des Pfeilers aufgestellte Lampe das Innere des

Fernrohrs zu erhellen, und die feinen Fäden im Brennpunkte desselben, während der nächtlichen Beobachtungen, sichtbar zu machen. Zweitens ist es nöthig, dafür zu sorgen, daß die cylindrischen Enden A und B der Rotationsaxe durch das große Gewicht des Instruments, bei dem häufigen Gebrauche desselben, nicht eingerieben werden und dadurch ihre ursprüngliche Gestalt verändern, wo dann die Hauptbedingungen des Instruments verloren gehen und das Fernrohr sich nicht mehr in der Ebene des Meridians bewegen, sondern bald zu der einen, bald zu der andern Seite von ihm abweichen würde. Dieses zu verhüten, dient auf der Seite B der Axe die metallene Stange r, die an ihrem untern Ende in einen Ring ausläuft; die Oeffnung dieses Ringes ist beträchtlich größer als die Dicke der Axe an diesem Orte und an dem innern Rande dieses Ringes, in dem untern Theile desselben, bei p und q sind zwei kleine kreisförmige Scheiben, sogenannte Frictionsräder angebracht, die sich um ihre Axe bewegen und mit ihrem oberen Theile etwas über die innere Fläche des Ringes hervorstehen. Der oberste Theil dieser verticalen Stange r hat eine Oeffnung, in welche das eine Ende einer andern horizontalen Stange u eingreift, während an dem andern Ende dieser Stange ein daselbst verschiebbares, mit Blei gefülltes Gewicht R′ angebracht wird. Diese Stange wird durch einen Stift u gehalten, der durch die auf dem Pfeiler Q befestigte Säule s getragen wird. Auf diese Weise bilden die beiden Stangen r und u einen Hebel, dessen Unterlage der Stift u, dessen Kraft das Gewicht R′ und dessen Last die Schwere der ihm zugewendeten Hälfte des Instruments ist, und man sieht leicht, daß man das Gewicht R′ so lange von dem Unterstützungspunkte u entfernen kann, bis der von beiden Körpern beschwerte Hebel sehr nahe im Gleichgewichte ist und bis das Instrument, statt mit seiner ganzen früheren Last, nur noch mit einem so geringen Theile derselben auf seinem Lager bei B aufliegt, daß es nur eben nicht frei in der Luft schwebt. Dieselbe Vorrichtung sieht man auch an dem andern Ende A der Rotationsaxe; durch eine gehörige Stellung der beiden Gegengewichte R und R′ werden die verticalen Stangen r so erhöht, daß die oben erwähnten beiden Frictionsrollen p und q in ihren oberen Theilen den mittlern Theil der Axe berühren, und daß nun diese Axe auf den vier Rollen ihrer beiden Hebel, wie auf den Rädern eines Wagens hin- und hergedreht werden kann, während das ganze schwere Instrument vielleicht nur noch mit dem zehntausendsten Theile seines eigentlichen Gewichtes auf den cylindrischen Endpunkten seiner Axe ruht. Ein ähnliches Gegengewicht sieht man auch in S, welches bestimmt ist, die Schwere der auf seiner Seite stehenden Kreise auf dieselbe Art zu balanciren. Da man dieses Instrument öfters umkehren muß, so daß diese Kreise bald auf der Seite des Pfeilers P, bald auf jener von Q zu liegen kommen, so muß jeder Pfeiler zwei Säulen tragen, von welchen die eine s für die Axe und die andere t für die beiden Kreise bestimmt ist. Was die Rectification des Meridiankreises betrifft, so kommen außer den im Art. Passageninstrument gegebenen Anweisungen noch andere in Anwendung. Um die gleiche Größe und Lage der cylindrischen Zapfen A und B der Rotationsaxe zu prüfen, kann man für ver-

schiedene Stellungen des Fernrohrs über dem Horizonte, die Hänglibelle (s. d. Art. Passageninstrument S. 87) mit ihren Haken an diesen Zapfen einhängen und zusehen, ob die Blase der Libelle immer dieselbe Lage beibehält. Man stellt z. B. das Fernrohr horizontal, das Objektiv D nach Süden, während der Kreis mn auf der Seite des östlichen Pfeilers P steht. Hängt man bei diesem Stande des Instruments die Libelle zweimal, in verkehrter Lage, an die Axe, so sei z. B. 10 die halbe Differenz der beiden Lesungen. Man kehre nun das Instrument um, so daß der Kreis mn auf den westlichen Pfeiler Q komme und stelle das Fernrohr wieder horizontal, aber das Objectiv nach Nord und hier sei, nach der doppelten Einhängung der Libelle, die halbe Differenz der zwei Lesungen gleich 22. Daraus folgt, daß die Libelle bei der ersten Lage des Instruments um $\frac{1}{2}$ (22—10) oder um 6 Theilstriche anders stand als bei der zweiten. Beträgt nun der Theilstrich $\frac{2}{3}$ Secunden, so macht dieser Unterschied der beiden Lagen der Rotationsaxe sechsmal $\frac{2}{3}$ oder 4 Secunden, zum Zeichen, daß entweder die beiden Zapfen der Axe von der genauen cylindrischen Gestalt abweichen, oder daß die Axen dieser Cylinder nicht ganz scharf in einer geraden Linie liegen. — Um die Gleichheit der Durchmesser dieser Cylinder zu untersuchen, wiederhole man die so eben erwähnten Operationen mit der Libelle, doch so, daß das Objectiv des Fernrohrs, in beiden Lagen des Instruments, immer nach derselben Seite, z. B. immer nach Süd gerichtet wird; findet man in der ersten Lage jene halbe Differenz z. B. 15 gegen Ost, und in der zweiten 5 gegen West, so ist die Summe dieser Zahlen 20, und diese durch $\frac{2}{3}$ multiplicirt, gibt 13,3 Secunden für die gesuchte Ungleichheit der Durchmesser jener Cylinder. Sollten aber beide halbe Differenzen östlich oder beide westlich gefunden werden, so würde man die Differenz jener zwei Zahlen nehmen, und dadurch 10mal $\frac{2}{3}$ oder 6,3 für die Ungleichheit der Cylinderdurchmesser erhalten. — Wenn der äußere Kreis mn mit den inneren nicht genau concentrisch liegt, so wird die Ablesung der beobachteten Höhen der Sterne dadurch geändert oder sie wird fehlerhaft sein. Allein diesem Fehler kann man sehr leicht dadurch begegnen, daß man an zwei einander diamentral gegenüber liegenden Vernieren abliest, wofür der Künstler schon gesorgt hat, indem er die oben erwähnten vier Verniere unter rechten Winkeln gegen einander stellte. — In den neuern Zeiten hat man auch diejenigen Fehler zu berücksichtigen gesucht, welche aus der Wirkung der Schwere auf Fernrohr und Kreis, bei den verschiedenen Lagen derselben, entstehen. Zu diesem Zwecke beobachtet man einen Circumpolarstern in seiner oberen sowohl, als auch in seiner unteren Conjunction und zwar in jeder zweimal, indem zuerst der Kreis mn östlich, und dann westlich von dem Fernrohre steht. — Allein die an diesen Instrumenten angebrachten Fernröhre sind so lichtstark, daß man damit nicht nur die Fixsterne der zweiten und dritten Größe, wie den Polarstern bei Tage, sondern daß man auch das Bild dieser Sterne in einem Spiegel durch diese Fernröhre sehr gut sehen kann. Man wählt dazu gewöhnlich eine mit Quecksilber gefüllte Schaale, weil die Oberflache dieses Metalls sehr gut spiegelt, und weil sie, wie überhaupt alle Flüssigkeiten, in ruhendem Zu-

stande eine genau horizontale Lage einnimmt. Wenn man aber das Bild eines Sterns in einem vor das Objectiv gestellten horizontalen Spiegel beobachtet und dann wieder das Fernrohr unmittelbar, wie bei den gewöhnlichen Beobachtungen, auf den Stern selbst wendet, so durchläuft das Fernrohr zwischen diesen beiden Beobachtungen an dem Kreise einen Winkel, der genau gleich der doppelten Höhe dieses Sterns ist, wenn man dabei auf die Verbesserungen der Refraction gehörig Rücksicht nimmt. Denn da, nach dem bekannten optischen Gesetze, der Reflexionswinkel des von dem Spiegel zurückgeworfenen Lichtstrahls gleich dem Einfallswinkel des unmittelbar von dem Stern kommenden Strahls ist, so sieht man das Bild des Sterns im Spiegel genau eben so tief unter dem Horizonte, als man den Stern selbst über dem Horizonte erblickt. — Beobachtet man daher dieses Bild des Polarsterns, so wie früher ihn selbst, ebenfalls in beiden Culminationen und in beiden Lagen des Kreises m n, so erhält man dadurch acht Beobachtungen, aus welchen man durch eine zweckmäßige Combination derselben jene Beugung des Instrumentes finden kann, die aus der verschiedenen Einwirkung der Schwere auf die einzelnen Theile desselben entsteht. Die Beobachtung der Durchgänge der Gestirne mittels des Meridiankreises geschieht eben so wie mittels des Mittagsrohres. Der angebrachte Kreis macht jenen aber auch zu Beobachtung der Höhen geschickt. Wenn nun der Nullpunkt des Kreises, wo die auf ihm verzeichnete Reihe der Grade eben anfängt, von dem Künstler schon genau in denjenigen Punkt der Peripherie gesetzt worden wäre, der bei dem zwischen seinen Pfeilern aufgestellten Kreise dem Horizonte entspricht, wenn nämlich derjenige Durchmesser desselben, der durch die Punkte 0° und 180° geht, in dem Horizonte läge, und daher der durch 90° und 270° gehende Durchmesser auf dem Horizonte senkrecht stünde, so würde man nur den horizontalen Faden des Fernrohrs auf den durch den Meridian gehenden Stern stellen, und die Verniere des Kreises ablesen, um auch sofort schon die gesuchte Meridianhöhe des Sterns zu erhalten. Allein der Künstler kann dieß so wenig thun, daß er vielmehr jenen Nullpunkt der Theilung ganz willkürlich nehmen und es dem Beobachter überlassen muß, zu sehen, wie viel er ihn unrecht genommen hat. Man pflegt dieß den Collimationsfehler des Instrumentes zu nennen, so daß also, wenn der eigentliche Horizontalpunkt des Kreises, nicht wie er sollte, auf 0°, sondern z. B. auf 10° 20′ 30″ fallen sollte, der Colminationsfehler desselben gleich diesem Bogen sein würde, wo man also dann von jeder an dem Instrumente abgelesenen Höhe nur wieder diesen constanten Fehler 10° 20′ 30″ zu subtrahiren haben würde, um sofort die wahre beobachtete Höhe zu erhalten. — Ein Mittel, den Collimationsfehler zu finden, haben wir im Grunde schon in dem Vorhergehenden kennen gelernt. — Beobachtet man nämlich ein Gestirn zur Zeit seiner Culmination zuerst unmittelbar, indem man das Fernrohr auf die gewöhnliche Weise auf dasselbe richtet, und beobachtet man es auch in dem Spiegel eines Quecksilberhorizontes, indem man das Fernrohr auf das Bild des Gestirnes in diesem Spiegel richtet, so erhält man dadurch, wie wir gesehen haben, einen von dem Fernrohre auf dem eingetheilten Rande des Kreises durchlaufenen Bogen, der ge-

nau gleich der doppelten Höhe des Gestirns über dem Horizonte des Beobachters ist, so daß also die Mitte dieses Bogens der gesuchte Horizontalpunkt des Kreises sein wird. Hätte man z. B. die directe von der Refraction befreite Höhe eines Sterns gleich 102°, und die im Spiegel reflectirte gleich 48° gefunden, so würde die wahre Höhe desselben gleich der halben Differenz dieser Zahlen oder gleich 27° und der Collimationsfehler gleich der halben Summe derselben oder gleich 75° sein, so daß man also von jeder an diesem Instrumente direct beobachteten Höhe den Collimationsfehler 75° subtrahiren muß, um die wahre Höhe des Gestirns zu erhalten. — Ohne Hilfe eines solchen Spiegels kann man den Collimationsfehler des Kreises auch dadurch finden, daß man ein Gestirn zweimal direct, aber in verkehrten Lagen des Kreises beobachtet. Gesetzt, man hätte in der ersten Lage des Instruments, wo der Kreis mn z. B. gen Ost oder an der Seite des östlichen Pfeilers P stand, wenn man den horizontalen Faden des Fernrohrs auf ein Gestirn richtet, an dem Kreise die Zahl 40° 13′ 10″ gelesen. Man hebe dann das Instrument aus seinen Lagern bei A und B, stelle es in verkehrter Richtung, so daß der Kreis mn jetzt auf den westlichen Pfeiler Q kommt, wieder zurück, und bringe endlich den Faden des Fernrohrs wieder auf denselben Stern, wo dann der Kreis 44° 32′ 20″ zeigen soll. Man sieht, daß sonach das Fernrohr zwischen diesen beiden Beobachtungen auf seinem Kreise einen Bogen durchlaufen hat, der gleich ist der doppelten Zenithdistanz dieses Sterns, und daher die Mitte dieses Bogens dem wahren Zenithpunkte des Beobachters entspricht. Nimmt man daher die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, so erhält man den Collimationsfehler gleich 2° 9′ 35″ und diese Zahl ist es, die man zu allen Beobachtungen, wo der Kreis östlich steht, addiren und von allen, wo der Kreis westlich steht, subtrahiren muß, um die wahre Zenithdistanz des Gestirns zu erhalten, die demnach hier gleich 42° 22′ 45″ oder gleich der halben Summe dieser beiden Zahlen ist. — Da in beiden Beobachtungen der Stern denselben Ort am Himmel einnehmen, also im Meridian sein muß, und da jeder Stern, wegen der täglichen Bewegung des Himmels nur einen Augenblick im Meridian ist, so wird man jene zwei Beobachtungen in zwei nächstfolgenden Tagen, zur Zeit der beiden Culminationen des Sterns anstellen. Wenn man aber das Instrument schnell genug umkehren kann, um das Gestirn in beiden Lagen des Kreises noch im Fernrohre sehen zu können, was z. B. bei dem sich sehr langsam bewegenden Polarstern Statt hat, so kann man diese beiden Beobachtungen auch schon in einem einzigen Tage, ja in wenigen Minuten vollenden. Zwar beobachtet man dann beide Male den Stern nicht in, sondern außer dem Meridian und in unter sich verschiedenen Höhen; aber da die Gestirne in der Nähe des Meridians ihre Höhe nur sehr wenig ändern, so kann man diese Aenderung ihrer Höhe bis zu ihrer Meridianhöhe sehr leicht und sicher berechnen und selbst ohne alle Rechnung unmittelbar aus den Beobachtungen ableiten. Ein Beispiel wird dieß sogleich deutlich machen. — Gesetzt man hätte einen Stern zweimal in der östlichen und eben so oft in der westlichen Stellung des Kreises zu folgenden Sternzeiten beobachtet:

	Sternzeit.	Beobachtete Zenithdistanz des Sterns.
Kreis Ost . .	18h 57′ 11″	40° 0′ 39″
	18h 58′ 48″	39° 59′ 54″
Kreis West . .	19h 1′ 24″	43° 34′ 23″
	19h 3′ 20″	43° 33′ 30″

Diese vier Beobachtungen sind zwar zu verschiedenen Zeiten gemacht worden, wo also auch der Stern verschiedene Höhen hatte, so daß daher diese Beobachtungen unmittelbar unter einander nicht verglichen werden können. Dieß könnten sie nur, wenn alle vier in einem und demselben Augenblicke z. B. um die Mitte aus allen jenen vier Sternzeiten, also um die Sternzeit 19h 0′ 11″ beobachtet worden wären. Allein auf diese Zeit lassen sich jene Beobachtungen leicht zurückführen, da aus ihnen selbst die Veränderung der Zenithdistanzen des Sterns für jede gegebene Zeit hervorgeht. Die beiden ersten zeigen z. B., daß in der Zeit von 1′ 37″ die Zenithdistanz um 45″ abgenommen hat, also wird sie auch in einer Zeitminute um 27,3″ abnehmen. Ebenso zeigen die beiden letzten, daß in der Zeit von 1′ 56″ die Zenithdistanz um 53″ abnimmt, also wird sie auch in einer Zeitminute um 27,5″ abnehmen. Wir können daher im Mittel aus allen vier Beobachtungen annehmen, daß die Zenithdistanz des Sterns in einer Zeitminute um 27,4″ abnimmt. — Allein die erste Beobachtung ist von jener imaginären mittleren, die um 19h 0′ 11″ angestellt sein soll, um 3,0, die zweite um 1,38, die dritte um 1,22 und die vierte endlich um 3,15 Zeitminuten entfernt. Multiplicirt man also diese vier Zahlen durch 27,4, so erhält man die Reductionen, die man an die vier beobachteten Zenithdistanzen anbringen muß, um sie alle auf jene imaginäre um 19h 0′ 11″ angestellte Zenithdistanz zu bringen. Man hat so

	Beob. Zenithdistanz.	Reduction.	Imag. Zenithdistanz.	
I.	40° 0′ 39″	1′ 22,2″	39° 59′ 16,8″	Kreis Ost.
II.	39° 59′ 54″	0′ 37,8″	39° 59′ 16,2″	
III.	43° 34′ 23″	0′ 33,4″	43° 34′ 56,4″	Kreis West.
IV.	43° 33′ 30″	1′ 26,3″	43° 34′ 56,3″	

Wir erhalten demnach im Mittel aus je zwei Beobachtungen folgende zwei in demselben Augenblicke Statt habende Zenithdistanzen des Sterns

Kreis Ost . . . 39° 59′ 16,5″
Kreis West . . . 43° 34′ 56,3″

und von diesen beiden Zahlen gibt daher wieder, wie zuvor, die halbe Differenz derselben den gesuchten Collimationsfehler des Kreises, der gleich 1° 47′ 49,9″ ist, und die halbe Summe gibt die wahre Zenithdistanz des Sterns, die gleich 41° 47′ 6,4″ ist. — Dieses Verfahren, den Collimationsfehler zu bestimmen, ist sehr brauchbar bei solchen Kreisen, die sich schnell umwenden lassen, und gibt zugleich sehr genaue Resultate, wenn man in beiden Lagen des Instruments mehre Beobachtungen anstellt und aus ihnen allen das Mittel nimmt. — Wie man aber in dem Vorhergehenden den Horizontalpunkt oder, was dasselbe ist, den

Zenithpunkt des Kreises bestimmte, um zu wissen, von welchem Punkte des eingetheilten Randes man die Höhen oder die Zenithdistanzen zu zählen hat, eben so kann man auch an dem Kreise denjenigen Punkt desselben bestimmen, welcher dem Pole des Aequators am Himmel entspricht, wo man dann alle Beobachtungen der Sterne auf diesen Instrumentalpolpunkt beziehen und sonach unmittelbar die Poldistanzen dieser Sterne erhalten wird. — Diesen Polpunkt wird man am besten durch die Beobachtung der Circumpolarsterne in ihren beiden Culminationen bestimmen können. Steht nämlich der Kreis mn auf der Westseite und nennt man h und h′ die beiden Zahlen, bei welchen das Fernrohr zur Zeit der oberen und der unteren Culmination stand, so ist die Zahl des Kreises, die dem Polpunkte entspricht, oder so ist der Polpunkt des Instruments P gleich h — p für die obere und gleich h′ + p für die untere Culmination, wo p die Poldistanz des beobachteten Sterns bezeichnet, und wo bei den Größen h und h′ schon auf die Verbesserung der Refraction Rücksicht genommen ist. — Wenn aber der Kreis auf der Ostseite des Fernrohrs ist, und man hier k und k′ die beiden Ablesungen nennt, so ist der gesuchte Polpunkt des Kreises P′ gleich k + p in der oberen und k′ — p in der unteren Culmination. — Daraus folgt also, daß man, selbst ohne die Poldistanz p des Sterns zu kennen, nur die halbe Summe der Größen h und h′ beider Culminationen bei der westlichen Stellung, oder die halbe Summe der Größen k und k′ bei der östlichen Stellung des Kreises zu nehmen braucht um sofort den Polpunkt des Instruments zu erhalten. Nehmen wir an, um dieß durch ein Beispiel deutlich zu machen, man hätte bei der westlichen Lage des Kreises in der oberen Culmination h = 318° 15′, und in der unteren h′ = 315° 1′ gefunden, so ist der Polpunkt des Instruments in dieser Lage P = 316° 38′, oder man muß von allen in dieser Lage des Kreises gemachten Beobachtungen die Größe 316° 38′ subtrahiren, um die Poldistanz des beobachteten Sterns zu erhalten. — Hätte man eben so bei der östlichen Lage des Kreises in der oberen Culmination k = 40° 12,′ und in der unteren k′ = 43° 26′ gefunden, so würde der Polpunkt des Instruments für diese Lage P′ = 41° 49′ sein, oder man wird von allen in dieser Lage des Kreises gemachten Beobachtungen die Größe 41° 49′ subtrahiren, um die Poldistanzen der beobachteten Gestirne zu erhalten. — So wie also zuvor der Zenithpunkt des Kreises durch die Umkehrung desselben von Ost nach West oder durch die Beobachtung desselben Sterns in verkehrten Lagen des Instruments gefunden wird, so wird auch hier der Polpunkt desselben durch die Beobachtung der beiden Culminationen desselben Sterns bestimmt. Da nun hier, in unserem Beispiele, beide Culminationen nicht nur in der einen, sondern auch noch in der andern Lage des Instruments beobachtet worden sind, so erhält man dadurch auch die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, die nämlich gleich der halben Differenz der Größen P und P′ oder gleich 42° 35,5′ ist. Auch die Poldistanz des so beobachteten Sterns findet man unmittelbar aus den vier erhaltenen Zahlen, indem sie gleich der halben Differenz der Zahlen h und h′, oder auch der Zahlen k und k′, also hier gleich

1° 37′ ist. Die Uebereinstimmung zwischen diesen beiden Differenzen wird zugleich ein Beweis für die Richtigkeit der vier Beobachtungen und der daraus abgeleiteten Werthe der beiden Polpunkte P und P′ sein. — Noch ein anderes Mittel, den Zenithpunkt des Kreises zu finden, ist der von Kater vorgeschlagene Collimator. Dieser besteht in einem kleinen Fernrohre, welches in seinem Brennpunkte mit einem Kreuzfaden versehen und nahe senkrecht auf einem in seiner Mitte durchbrochenen eisernen Teller befestigt ist, durch dessen Oeffnung das Fernrohr geht. Dieser Teller wird auf dem in einem Gefäße enthaltenen Quecksilber frei schwimmend erhalten und das Rohr so gestellt, daß das Objectiv desselben den höchsten Punkt einnimmt, während das Ocular, oder vielmehr nach weggenommenen Ocular, der Kreuzfaden desselben, mittels eines Planspiegels, durch eine nebenstehende Lampe erleuchtet wird. Bringt man diese Vorrichtung unter den Mittelpunkt des Fernrohrs des Meridiankreises, und stellt man dieses letzte Fernrohr nahe senkrecht, so daß das Objectiv desselben den tiefsten Punkt einnimmt, so kann man durch dieß so senkrecht gestellte Kreisrohr den Kreuzfaden des Collimators erblicken, und dann durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs die Fäden beider Fernröhre genau auf einander bringen. In dieser Stellung des Kreisrohrs liest man dann seine Lage an dem Rande des Kreises ab. — Dreht man dann den, immer auf dem Quecksilber schwimmenden Teller des Collimators im Horizonte um 180 Grade, so daß die westliche Seite des Tellers jetzt auf die östliche kommt, und bringt wieder durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs, die Fäden beider Fernröhre neuerdings genau auf einander, und liest auch in dieser zweiten Lage den Kreis wieder ab, so gibt die halbe Summe der beiden Ablesungen an dem Meridiankreise sofort den Nadirpunkt des Kreises, der dann, um 180° vermehrt oder vermindert, der gesuchte Zenithpunkt desselben sein wird. — Dabei wird vorausgesetzt, daß das kleine Fernrohr des Collimators wenigstens nahe senkrecht auf der horizontalen Fläche des Quecksilbers sei. Man kann dieß leicht durch kleine Gewichte erreichen, die man in verschiedenen Punkten des eisernen Tellers auflegt und daselbst verschiebt. Wenn auf diese Weise das Fernrohr des Collimators auch nur nahe senkrecht gestellt ist, so wird die optische Axe dieses Fernrohrs, bei der erwähnten Drehung des Tellers um 180 Grade, die Oberfläche eines sehr spitzen Kegels beschreiben, von dessen kreisförmiger Basis man durch jenes Verfahren, zwei einander genau gegenüber stehende Punkte beobachtet, in deren Mitte, als in dem Mittelpunkte dieser Basis, die auf dem Quecksilber vertical stehende, also nach dem Zenithe des Beobachters gehende Linie liegen muß, daher man auch die Mitte der beiden Ablesungen am Kreise zu nehmen hat, um den gesuchten Punkt desselben zu erhalten. — Uebrigens muß der Kreuzfaden des Collimators genau in dem Brennpunkte seines Objectivs liegen, was man durch das im Art. Passageninstrument erklärte Verfahren leicht erreichen wird, weil man sonst diesen Kreuzfaden durch das große Fernrohr des Kreises nicht deutlich sehen kann. Eine kleine äußere Schraube, die den die Kreuzfäden tragenden Ring in der Ebene dieses Ringes bewegt, wird dazu dienen, den einen dieser Fäden mit dem horizontalen Faden

des Kreisrohres nahe parallel zu stellen. — Man sieht, daß der eigentliche Zweck des Collimators ist, den Stellvertreter eines Fixsterns zu geben, der in einem sehr kleinen Kreise sich bewegt, dessen Mittelpunkt das Zenith oder eigentlich das Nadir des Beobachters ist. Wenn man die Zenithdistanz dieses Sterns in den beiden Punkten seines Kreises beobachtet, die dem Süd- und Nordpunkte des Himmels am nächsten liegen, und wenn man dann die Mitte der beiden Ablesungen nimmt, so erhält man dadurch den Punkt des Instrumentalkreises, der dem Zenithe entspricht.

Der Multiplicationskreis ist nicht auf Beobachtungen in der Ebene des Meridians beschränkt wie das Mittagsrohr und der Meridiankreis. Er besteht in zwei concentrischen Kreisen (Fig. 393.) mm und nn, die sich in einer Verticalfläche um ihre gemeinschaftliche horizontale Axe AB drehen, welche letztere an einer verticalen Säule EF befestigt ist. Die cylindrische Axe selbst ist in der Figur nicht sichtbar, da sie von dem zur Aufnahme dieser Axe durchbohrten Würfel B, an dem obersten Theile der Säule EF, und durch den hohlen Cylinder Q bedeckt wird. Ein Ende dieser Axe steht auf der Rückseite des Würfels bei B über demselben etwas hervor, so wie auch der Cylinder Q an seiner untern Seite eine Oeffnung hat, durch die man zu dem andern Endpunkte dieser Axe gelangen kann. Man hat diese beiden Enden der Axe zu der Absicht frei gelassen, um an sie die Hacken einer Hänglibelle anbringen zu können, durch die man, wie man bald sehen wird, diese Axe genau horizontal, also auch die Ebene der beiden Kreise m und n genau vertical stellen kann, da diese Kreise von dem Künstler schon auf der Drehbank vollkommen senkrecht auf ihren Axen abgedreht werden müssen. Damit übrigens diese Kreise mit ihren Gewichten die Axe, an deren einem Ende sie beide angebracht sind, nicht schief drücken können, ist ein mit Blei gefülltes Gegengewicht H auf der andern Seite der Axe angebracht, welches durch den Hebel pq, dessen Unterstützungspunkt die Säule EG ist, jenes von den Kreisen abwärts gedrückte Ende R der Axe, wieder ebenso viel aufwärts hebt. — Senkrecht auf diese horizontale Axe AB ist das Fernrohr CD angebracht, wo C das Ocular und D das Objectiv desselben ist. Dieses Fernrohr ist mit dem inneren Kreise mm, der zugleich die Verniere trägt, fest verbunden und kann nur mit diesem Kreise zugleich vertical auf und ab bewegt werden. Der äußere Kreis nn ist in Grade und Minuten eingetheilt, oder er trägt die Theilung, und der innere das Fernrohr und die Verniere. Das Fernrohr hat gegen seine Mitte bei A eine mit einem Schieber versehene Oeffnung, durch welche man das Licht einer Lampe in das Innere des Rohrs fallen läßt, um damit die Fäden im Brennpunkte bei C zur Nachtzeit zu sehen. Da die Beobachtung sehr hoch oder nahe am Zenithe stehender Sterne bei diesem Baue des Instruments beschwerlich, wo nicht unmöglich wäre, weil dann das Fernrohr in die verticale Lage FQ kommt, so ist im Innern desselben bei C ein kleiner Planspiegel angebracht, dessen Ebene mit der optischen Axe CD des Fernrohrs einen Winkel von 45 Graden macht, wo dann die Ocularröhre O senkrecht auf diese Axe CD gestellt wird. Bei dieser Einrichtung fallen die von dem Gestirne nach der Richtung

DC kommenden Strahlen auf den Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden auf, und werden von ihm unter einem eben so großen Winkel, also in der Richtung der Ocularröhre O in das Auge des Beobachters reflectirt, so daß der Gesichtsstrahl aller hohen und niedern Sterne für den Beobachter immer eine horizontale, also zur Beobachtung selbst sehr bequeme Lage hat. — Die oben erwähnte verticale Säule FE besteht aus einem hohlen Cylinder, der an seinem untersten Theile F auf drei st rken Füßen K befestigt ist. An der unteren Seite dieser Füße wird durch drei Schrauben, von denen man in der Zeichnung nur zwei a und c sehen kann, eine dreiarmige Spange von Stahl, von deren drei Armen die zwei ab und bc sichtbar sind, angeschraubt, und auf der Mitte b dieser starken, elastischen Stahlfeder steht die eigentliche verticale Axe des Instruments, die durch die Höhlung des Cylinders FE geht und an ihrem obersten Ende die bereits erwähnte innere horizontale Axe AB der beiden Kreise aufnimmt. Noch ist unter jenem Fußgestelle zwischen ihm und der Stahlspange, ein horizontaler Kreis M an das untere Ende der verticalen Axe des Instruments befestigt, der sich daher mit dieser Axe dreht. Man sieht bei d die Druckschraube, mit welcher man diesen Kreis an das Fußgestelle bei c befestigen kann. Eben daselbst ist auch ein Index oder ein Vernier an dem Fußgestelle angebracht, durch dessen Hilfe man diesen horizontalen Kreis auf einen bestimmten Punkt im Horizonte, also auch die Verticalkreise m und n in ein bestimmtes Azimuth stellen kann. — Nehmen wir an, der äußere, die Eintheilung tragende Kreis nn sei mit dem Fußgestelle FQB des Instrumens fest und unveränderlich verbunden. Um der Beständigkeit seiner Lage gewiß zu sein, könnte man an seinen oberen Speichen eine Libelle befestigen, durch die man jede kleine Verstellung dieses Kreises sogleich erkennen und berichtigen würde. — Kann man nun voraussetzen, daß die Ebene der beiden Kreise vollkommen vertical ist, und daß die optische Axe des Fernrohrs zu dieser Kreisebene parallel ist, so wird man, um die Höhe oder die Zenithdistanz eines Sterns zu beobachten, zuerst den unteren horizontalen Kreis M lüften, indem man die Druckschraube d nachläßt, und dann wird man das ganze Instrument um seine in dem hohlen Cylinder FQ stehende verticale Axe so lange frei drehen, bis die Ebene des Kreises durch den zu beobachtenden Stern geht. Dann öffnet man auch die ähnliche (und deßhalb in der Zeichnung nicht angegebene) Druckschraube, welche den innern Kreis an dem festen äußern hält, sodaß man also jetzt diesen innern Kreis, sammt den an ihm befestigten Fernrohre, um seine horizontale Axe AB so lange drehen kann, bis das Gestirn im Felde des Fernrohrs, in der Nähe des in demselben ausgespannten Fadens, erscheint. In dieser Lage befestige man nun wieder die beiden Druckschrauben des Kreises M sowohl, als auch die des inneren verticalen Kreises mm, so steht jetzt das Instrument in der vorbereitenden Lage, die zu den eigentlichen Beobachtungen erfordert wird. — Bemerken wir nun, daß bei jeder dieser Druckschrauben auch noch eine andere feine Mikrometerschraube angebracht ist, die in der Lage der Tangente ihres Kreises liegt und dazu bestimmt ist, die obschon durch ihre Druckschrauben bereits geklemmten oder befestigten Kreise noch etwas we-

niges in ihrer Ebene weiter zu bewegen. Wir haben eine solche Mikrometerschraube schon oben bei Gelegenheit des Meridiankreises angeführt, wo sie auch (Fig. 392.) bei fh abgebildet ist. — Durch diese Mikrometerschraube bewegt man nun das Fernrohr in verticaler und horizontaler Richtung ganz leise so, daß der bereits im Felde des Fernrohrs stehende Stern in der Mitte des Feldes ganz genau auf den horizontalen Faden zu stehen komme. In diesem Augenblicke liest man die neben dem Instrumente stehende Uhr und dann auch den Stand der Verniere des innern Kreises gegen den festen eingetheilten äußeren Kreis ab, wodurch man die gesuchte Zenithdistanz des Sterns für eine gegebene Zeit erhält, vorausgesetzt, daß man den Collimationsfehler des Kreises bereits kennt, d. h. daß man bereits weiß, wie viel man von jeder Lesung am Kreise abziehen, oder dazu addiren muß, um die wahre Zenithdistanz der Beobachtung zu erhalten. Diesen Collimationsfehler findet man aber entweder durch Umwendung des Instruments oder durch einen Quecksilberhorizont ganz auf dieselbe Art, wie bereits bei dem Meridiankreise gesagt worden ist, und man sieht von selbst, daß hier die erste Methode ganz besonders anwendbar ist, weil das Instrument, nach der Einrichtung seines Baues, sich so leicht und sicher umwenden läßt, so daß einmal der Kreis auf der einen und dann auf der entgegengesetzten Seite der verticalen Säule FB zu stehen kommt.

Jede einzelne Beobachtung wird mit mehr oder weniger Fehlern behaftet sein, die nicht nur durch mangelhafte Geschicklichkeit des Beobachters herbeigeführt werden, sondern auch durch Unvollkommenheiten den Instrumentes bedingt sind, welche in jeder bestimmten Stellung desselben von einem bestimmten Einfluß sein müssen. Eine der wichtigsten Fehlerquellen kann eine nicht völlig richtige Theilung werden. Um namentlich die aus dieser Fehlerquelle entspringenden Irrthümer möglichst zu vermeiden, gab man besonders früher den Instrumenten eine Einrichtung, um die Beobachtungen zu vervielfältigen, (lat.) zu multipliciren, wovon es den Namen erhielt. Doch hat man die Theilung der Instrumente gegenwärtig zu einem Grade der Vollkommenheit gebracht, welcher die Methode der Multiplication überflüssig macht, indem gegenwärtig eine zur Multiplication gemachte Vorrichtung mit mehr Fehlern behaftet sein dürfte, als die Theilung, wenn beide mit möglichster Vollkommenheit hergestellt werden. Die Multiplicationsmethode ist endlich sowohl bei den Beobachtungen als bei den Berechnungen langweilig und unbequem. Littrow gibt indeß von der Behandlungsart der Instrumente beim Multiplicationsverfahren folgende Kenntniß. Wir haben, sagt er, vorausgesetzt, daß der äußere, die Theilung tragende Kreis nn, an dem Fußgestelle FB des Instruments fest und unveränderlich angebracht sei. Nehmen wir nun an, daß auch er, so wie der innere Kreis mm, sich um seine horizontale Axe AB bewegen lasse, und daß der äußere Kreis mittels einer eigenen Druckschraube an dieses Fußgestelle, so wie der innere durch seine Druckschraube an den äußern Kreis befestigt werden könne. Bei dieser Einrichtung wird man also, wenn man die Druckschraube des äußern Kreises andrückt, und dafür die Schraube des innern Kreises lüftet, blos den innern

sammt seinem Fernrohre bewegen, wie wir dies bisher gethan haben. Wenn man aber im Gegentheil die Druckschraube des innern Kreises feststellt und dafür die des äußern öffnet, so wird man beide, jetzt mit einander verbundene Kreise, zugleich um ihre gemeinschaftliche horizontale Axe A B bewegen können. Auf diese abwechselnde Bewegung des innern Kreises um den festen äußern und der gemeinschaftlichen beiden unter sich verbundenen Kreise, beruht das erwähnte Princip der Multiplication, welches wir nur sogleich näher angeben wollen. — Man stellt zuerst den inneren Kreis durch seinen Vernier auf irgend einen bestimmten Theilstrich z. B. auf Nullgrad des äußern Kreises und befestigt jenen auf diesem durch seine Druckschraube. Dann öffnet man die Druckschraube des äußern Kreises und dreht beide Kreise zugleich um ihre horizontale Axe A B, bis das Gestirn im Felde des Fernrohrs erscheint, worauf man den äußern Kreis wieder an sein Fußgestell schließt, und mit der feinen Mikrometerschraube dieses Kreises den horizontalen Faden des Fernrohrs genau auf den Stern bringt und die Zeit dieses Moments an der Uhr bemerkt. Nehmen wir an, die Kreise seien während dieser Beobachtung auf der Ostseite der verticalen Axe F B gestanden. — Damit ist die erste Hälfte der Beobachtung vollendet, die aber für sich allein kein Resultat gibt, da der innere Kreis noch immer auf 0° des äußern steht. — Man dreht nun beide Kreise um ihre verticale Axe F B um 180 Grade, so daß die beiden Kreise jetzt auf die Westseite dieser Axe kommen, bis der Stern wieder in der Ebene dieser Kreise erscheint und löst dann, bei immer geschlossenem äußeren Kreise, den innern, und bewegt ihn, sammt seinem Fernrohre, so lange um seine horizontale Axe A B, bis der Stern zum zweitenmale in der Nähe des Fadens erscheint. In dieser Lage befestigt man den innern Kreis durch seine Druckschraube wieder an den äußern, und bringt dann durch die Mikrometerschraube dieses innern Kreises den horizontalen Faden des Fernrohrs genau auf das Gestirn. — Jetzt ist auch die zweite Hälfte der Beobachtung geendet und da zwischen beiden das Fernrohr offenbar um die doppelte Zenithdistanz des Sterns auf dem äußeren Kreise fortgerückt ist, so wird auch das Ablesen dieses Kreises sofort die gesuchte doppelte Zenithdistanz des Gestirns geben. — Es ist aber für sich klar, daß man von dem jetzt gefundenen Punkte des äußeren Kreises eben so gut, wie zuvor von dem Nullpunkte desselben ausgehen, und dieselbe Beobachtung, so oft man will, wiederholen kann. Man wird nämlich jetzt die beiden geschlossenen Kreise wieder in ihre erste Lage, wo der Kreis östlich von der verticalen Axe steht, bringen, den äußern Kreis lüften und ihn sammt dem noch an ihm befestigten inneren so lange drehen, bis der Faden wieder den Stern deckt, worauf der äußere Kreis geschlossen, beide wieder auf die Westseite gedreht und dann der innere gelöst und so lange gedreht wird, bis der Faden wieder auf den Stern fällt, wo dann die zweite Ablesung des äußeren Kreises die vierfache Zenithdistanz des Sterns angeben wird, und ebenso wird nun die 6, 8, 10fache Zenithdistanz desselben erhalten. In der Ordnung wird man sich mit der doppelten oder vierfachen Zenithdistanz begnügen, und da diese Beobachtungen, mit einiger Uebung, schnell genug auf einander

folgen, so wird es immer erlaubt sein, die Höhenänderung des Gestirns während dieser Beobachtungen als der Zeit proportional oder als gleichförmig sich ändernd anzusehen. Dann wird man also auch das Mittel aus allen so erhaltenen Zenithdistanzen, d. h. den durch die Anzahl der Beobachtungen dividirten Bogen, welchen das Fernrohr durchlaufen hat, als die Zenithdistanz ansehen, die für das Mittel der sämmtlichen Beobachtungszeiten gehört. Gesetzt, man habe im Anfange der Beobachtung den innern Kreis auf 10° 5′ 30″ des äußeren gestellt und am Ende von zwei vollständigen oder doppelten Beobachtungen seinen Stand gleich 242° 50′ 40″ gefunden. Die Uhrzeiten der vier Momente, wo der Faden den Stern deckte, seien 4^h 30′, 4^h 34′, 4^h 37′ und 4^h 43′, gewesen, so ist die Differenz von jenen beiden Ablesungen 232° 45′ 10″ und die Summe von diesen vier Uhrzeiten 18^h 24′. Nimmt man also von jeder dieser Zahlen den vierten Theil, so erhält man als Resultat dieser Beobachtungen, daß um 4^h 36′ Uhrzeit die einfache Zenithdistanz des Sterns gleich 58° 11′ 17,5″ ist. Es sind noch die Mittel anzugeben, durch welche die gemachte Voraussetzung zu erfüllen, daß die Ebene der beiden Kreise vollkommen vertical und die optische Axe des Fernrohrs dieser Ebene parallel sei. Zu diesem Zwecke muß man zuerst die verticale Axe bE oder den stählernen Cylinder, der in seinem untersten Punkte auf der Spange abc steht, und auf welchem eigentlich das ganze Instrument ruht, in eine auf dem Horizonte senkrechte Stellung bringen; dieß wird man mittels einer Libelle thun können, die man über jener Axe bei uu zwischen den zu dieser Absicht frei gelassenen Bogen der Säule EG aufstellt, welche den Unterstützungspunkt des oben erwähnten Hebels für das Gegengewicht trägt. Stellt man dann den Kreis, also auch diese Libelle mit der Linie, die durch zwei der drei Fußschrauben geht, z. B. mit der Linie KK′ parallel so soll z. B. der Mittelpunkt der Blase bei dem Theilstriche 10 stehen. Dreht man dann den Kreis um seine verticale Axe FB um 180 Grade, bis er wieder mit der Linie KK′ parallel ist, und zeigt in dieser Lage der Mittelpunkt der Blase z. B. 20, so wird man die eine oder die andere dieser beiden Fußschrauben K oder K′ so lange bewegen, bis die Blase das Mittel jener beiden Zahlen, d. h. bis sie die Zahl 15 zeigt. Auf diese Weise bringt man es durch einige Wiederholungen dieses Verfahrens leicht dahin, daß die Libelle in den beiden erwähnten Lagen des Kreises immer dieselbe Zahl, z. B. 15 zeigt. Dreht man dann den Kreis im Horizonte noch um 90 Grade gegen seine beiden vorigen Lagen, so daß jetzt der Kreis durch die dritte Fußschraube K″ geht, so wird man auch diese Fußschraube K″ so lange bewegen, bis die Libelle in dieser neuen Lage ebenfalls 15 zeigt, und dann wird die Libelle in allen Lagen des Kreises immer unverändert dieselbe Zahl geben, zum Zeichen, daß die erwähnte stählerne Axe des Instruments in der That vertical ist. Sollte die Libelle bei dieser Bewegung des Kreises durch alle Punkte des Horizontes noch einen geringen Fehler dieser Verticalität anzeigen, so wird man das so eben angezeigte Verfahren wiederholen, um dadurch diesen noch übrigen kleinen Fehler vollkommen wegzubringen. — Auf dieser verticalen Axe ist nun in ihrem obern Endpunkte die horizontale Axe AB

der beiden Kreise durch starke Schrauben im Inneren des Würfels B befestigt. Diese horizontale Axe muß nun ebenfalls genau senkrecht auf jener verticalen stehen. Es ist schon oben gesagt worden, daß die beiden Enden dieser horizontalen Axe frei stehen, damit man an sie die Haken einer zweiten Libelle anbringen kann. Hängt man nun diese Libelle in zwei einander entgegengesetzten Lagen an diese Axe, so daß derselbe Haken zuerst bei B und dann bei Q zu stehen kommt, und zeigt sie z. B. in der ersten Lage 4 und in der andern 10, so wird man das eine Ende der horizontalen Axe durch die dazu bestimmte Schraube so lange erniedrigen oder erhöhen, bis die Libelle in beiden Lagen die Zahl 7 gibt, wo dann diese Axe AB horizontal und daher auf der Axe bE senkrecht stehen wird. Durch dieses Verfahren wird also auch die Ebene der beiden Kreise auf den Horizont senkrecht gestellt sein, da der Künstler schon durch die Einrichtung seiner Drehbank den Kreis senkrecht auf seine Axe gestellt hat. — Um die optische Axe des Fernrohrs mit der Ebene dieser Kreise parallel zu stellen, wird man zuerst den horizontalen Faden desselben, durch eine sanfte Bewegung des Fernrohrs längs einem scharfbegränzten und sehr entfernten terrestrischen (irdischen) Gegenstande hinlaufen lassen, und ihn mittels der dazu bestimmten Schraube um seinen Mittelpunkt so lange drehen, bis der Faden seiner ganzen Länge nach immer scharf auf dem Objecte bleibt. Dann stellt man auch den zweiten oder verticalen Faden oder eigentlich nur den dem horizontalen zunächst stehenden Theil desselben auf jenen terrestrischen Gegenstand und liest dabei den Azimuthalkreis M ab. Jetzt dreht man die Kreise auf die entgegengesetzte Seite der verticalen Axe bE, bis der Horizontalkreis genau 180 Grade mehr zeigt, als in der ersten Lage, und sieht nun zu, ob der verticale Faden auch in dieser zweiten Lage das terrestrische Object wieder genau treffe. Hat dieß nicht Statt, so verbessert man die Hälfte des so gefundenen Fehlers durch diejenige Schraube, welche das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen bestimmt ist. Eine Wiederholung dieses Verfahrens wird den noch übrig gebliebenen Fehler bald bis zur völligen Unmerklichkeit desselben vermindern.

Der Theodolit ist in Bauart und Einrichtung mit dem Multiplicationskreise übereinstimmend, nur daß bei dem Theodoliten der Horizontalkreis der wichtigere und mit besonderer Sorgfalt gearbeitet ist. Man bedient sich daher des Theodoliten vorzugsweise zu geodätischen Messungen, für irdische Gegenstände, wo man vorzüglich die horizontale Distanz derselben sucht, während der Multiplicationskreis besonders zur Beobachtung der Höhe der Gestirne dient. Sind bei einem Instrumente der horizontale und der verticale Kreis gleich gut gearbeitet und gleich groß, so kann es zugleich zu geodätischen und astronomischen Messungen dienen. Der Theodolith ist in Fig. 394. vorgestellt. Man sieht hier wieder die drei starken Fußschrauben K, K′, K′′ des dreiarmigen Fußgestells; diese Arme sind an ihren Enden, wo sie die Fußschrauben aufnehmen, in zwei Theile gespalten, und diese Theile können durch eigene Seitenschrauben k, k′, k′′ einander genähert werden, um jede Wankung der Fußschrauben zu verhindern. Diese letzten Schrauben laufen an ihren unteren Enden in eine konische Stahlspitze aus,

die in einer ähnlichen konischen Vertiefung einer starken Metallscheibe y, y′, y″ sich bewegt, welche Scheiben an ihrer untern Seite mit andern drei kurzen, konischen Stahlspitzen versehen sind, womit sie fest und unverrückbar auf dem Beobachtungstische P aufliegen. An der untern Seite dieser drei Arme des Fußgestelles ist wieder (wie bei Fig. 393.) die metallene Spange aFc angeschraubt. Auf dieser Spange steht die eigentliche verticale Drehungsaxe FE des Theodoliten, die sich in dem hohlen Cylinder QQ frei bewegt, und an deren oberen Ende der Horizontalkreis RR′ senkrecht auf jene Axe befestigt ist. Dieser Horizontalkreis ist entweder ein einfacher Kreis, über dessen Ebene eine in dem Mittelpunkt desselben, unter E, an die Axe FE befestigte Alhidade, die an ihrem andern Ende mit einem Vernier versehen ist, auf und ab läuft, oder er besteht wie bei dem Multiplicationskreise, aus zwei concentrischen Kreisen, von welchen der äußere oder größere durch eine eigene Druckschraube an die Hülse QQ′ der verticalen Axe FE befestigt werden kann, während der innere das Fernrohr und den Höhenkreis tragende Kreis sich entweder innerhalb des festen äußern frei drehen oder wenn er durch seine Druckschraube an diesen äußern Kreis befestigt wird, mit diesem zugleich um die Axe FE rotiren kann, um dadurch die gemessenen horizontalen Winkel auf dieselbe Weise zu multipliciren, wie dieß oben für das in Fig. 393. abgebildete Instrument bei den Höhenwinkeln gezeigt worden ist. — In beiden Fällen sind auf dem innern Kreise RR′ verticale Säulen fg befestigt, die an ihren obern Enden die horizontale Drehungsaxe AB des Instruments tragen. Senkrecht auf diese Drehungsaxe ist der Verticalkreis TT′ des Theodoliten und das Fernrohr CND desselben befestigt. Dieser Verticalkreis ist ebenfalls entweder ein einfacher Kreis nach seiner an der Axe AB befestigten Alhidade de, oder er ist ein doppelter concentrischer Kreis, auf dieselbe Art, wie in Fig. 393. eingerichtet, um damit auch die Höhen multipliciren zu können. Das Fernrohr CND ist in seiner Mitte bei N unter einem rechten Winkel gebrochen, wo dann ein im Innern des Rohrs bei N angebrachter kleiner Spiegel die von dem Objective D nach der Richtung DN einfallenden Strahlen in die darauf senkrechte Richtung NC nach dem Ocular C zu reflectirt. Bei dieser Einrichtung des Fernrohrs wird also das Auge des Beobachters bei C immer das Gestirn, es mag hoch oder niedrig stehen, in der horizontalen Richtung der Linie CN erblicken, zu welchem Ende also die eine Hälfte NC der Drehungsaxe durchbohrt oder hohl sein muß. Damit die Drehungsaxe AB durch die Objectivhälfte ND des Fernrohrs nicht schief gedrückt wird, ist das Gegengewicht H an der Stange NH angebracht. Um endlich den Höhenkreis TT′ in jeder seiner Lagen fest zu stellen, wird man die Druckschraube n, die unmittelbar auf die Drehungsaxe AB wirkt, anziehen, und um dann dem so befestigten Kreise sammt seinem Fernrohre doch noch eine kleine Bewegung zu geben, durch welche man den Faden des Fernrohrs genau auf den Stern bringen kann, ist eine eigene Vorrichtung hL mit ihrer Mikrometerschraube mh angebracht, die ganz der bei dem Meridiankreise (Fig. 392.) bei c′d′ und fh beschriebenen ähnlich ist, und daher hier keiner weitern Erläu-

terung bedarf. — Wenn der Kreis RR' und die Drehungsaxe AB bereits horizontal, und wenn der Höhenkreis TT' so wie die optische Axe des Fernrohrs bereis senkrecht auf der Drehungsaxe AB, also auch senkrecht zu dem Horizonte gestellt sind, so wird man, wenn das Instrument nicht multiplicirt, oder wenn die beiden äußern Kreise RR' und TT' fest sind, bei der Beobachtung mit diesem Instrumente auf folgende Weise verfahren. Gesetzt, man wollte den Winkel, welchen zwei Thurmspitzen in dem Auge des Beobachters bilden, und zugleich die Differenz der Höhen dieser Spitzen über dem Horizonte finden. Zu diesem Zwecke wird man also den Höhenkreis TT' sammt dem Fernrohre um die Verticalaxe FE, und zugleich das Fernrohr ND um seine Horizontalaxe AB so lange drehen, bis die Spitze des einen Thurms im Felde des Fernrohrs nahe bei dem Durchschnitte der beiden Kreuzfäden desselben erscheint. Jetzt werden beide Kreise RR' und TT' durch ihre Druckschrauben geschlossen, und der Fadendurchschnitt mit Hilfe der Mikrometerschrauben dieser beiden Kreise genau auf die Thurmspitze gebracht, wo dann die beiden Kreise abgelesen werden. Dann werden sie wieder gelüftet und so lange gedreht, bis auch die zweite Spitze im Felde des Fernrohrs erscheint, wo dasselbe Verfahren wiederholt und die Stellung der beiden Kreise wieder abgelesen wird. Die Differenz der beiden Lesungen an dem Kreise RR' gibt dann den gesuchten Horizontalwinkel der beiden Thürme, so wie die Differenz der beiden Lesungen des Kreises TT' die gesuchte Höhendifferenz der Spitzen dieser Thürme geben wird. — Will man die absolute Höhe dieser Objekte selbst kennen, so wird man zuerst den Zenithpunkt des Höhenkreises TT' durch die oben erwähnten Methoden bestimmen. Man wird z. B. die Höhe irgend eines weit entfernten und scharf begränzten Gegenstandes in zwei entgegengesetzten Lagen des Instruments beobachten, indem bei der ersten Beobachtung der Kreis TT' rechts und in der zweiten links von dem Fernrohre ND steht. Die Differenz der beiden Lesungen oder der während dieser beiden Beobachtungen von dem Fernrohre durchlaufene Bogen wird die doppelte Zenithdistanz des Objects sein. Da man dadurch die einfache, wahre Zenithdistanz und die ihr in beiden Lagen des Kreises entsprechende Theilzahl kennt, so weiß man auch, welche constante Größe man von jeder Lesung an diesem Kreise abzuziehen oder zu ihm hinzuzusetzen hat, um in jeder anderen Beobachtung sogleich wieder die wahre Zenithdistanz des Gegenstandes zu erhalten. — Stellt man ebenso den Nullpunkt des Horizontalkreises RR' in der Ebene des Meridians auf, oder, was dasselbe ist, weiß man, welcher Punkt dieses Horizontalkreises dem Meridiane entspricht, so wird man auch alle an diesem Kreise abgelesenen Bogen nur von jenem Meridianpunkt an zählen, oder von jeder Lesung an diesem Kreise eine bekannte Constante abziehen, um sofort auch die Azimuthe (s. d. Art.) der beobachteten Gegenstände zu erhalten. — Alles dieß setzt aber voraus, daß von den beiden Kreisen RR' und TT', so wie von den beiden Axen AB und FE, die eine horizontal und die andere genau vertical sei. Dieser Forderung zu genügen oder das Instrument zu rectificiren wird man ganz so, wie oben (Seite 777.) bei dem Multiplicationskreise gesagt wor-

den ist, verfahren. — Um zuerst die verticale Drehungsaxe FE vollkommen senkrecht auf den Horizont zu stellen, wird man sich einer Libelle bedienen, die mit ihren zwei Füßen auf die cylindrischen Enden der Axe AB aufgestellt wird, so daß die Glasröhre der Libelle zwischen den Speichen des Kreises TT' zu stehen kommt. Dann stellt man diese Axe AB parallel zu zwei Fußschrauben KK' und verbessert, bei der jedesmaligen Umdrehung des Kreises um 180 Grade, die eine dieser beiden Fußschrauben so lange, bis die Mitte der Blase in beiden Lagen des Instruments immer denselben Punkt zeigt. Ist z. B. 12 der Theilstrich, bei welchem die Mitte dieser Blase in der ersten Lage steht, und ist 20 derselbe für die zweite Lage des Instruments, so wird in der zweiten Lage die erwähnte Fußschraube so bewegt, daß die Mitte der Blase zu dem Theilstrich 16 oder zu dem Mittel von jenen beiden komme. Ist dieß berichtigt, so wird die Axe AB in eine auf die beiden vorigen senkrechte Lage gebracht, und bloß durch die dritte Fußschraube die Mitte der Libelle wieder auf den Theilstrich 16 zurückgeführt. Zeigt dann die Libelle bei allen Richtungen der Axe AB, immer denselben Punkt, so wird die Axe FE vollkommen vertical, oder der von dem Künstler auf diese Axe senkrecht abgedrehte Kreis RR' wird vollkommen horizontal sein, wodurch die erste der oben erwähnten Bedingungen erfüllt ist. — Allein nun ist es noch möglich, daß die beiden Stützen fg, welche die horizontale Drehungsaxe AB tragen, von ungleicher Länge sind, wo dann die auf dieser Stütze ruhende Axe AB nicht mehr horizontal, also auch der auf diese Axe AB von dem Künstler bereits senkrecht abgedrehte Kreis TT' auch nicht mehr vertical sein würde, worin doch die zweite Bedingung besteht, die Statt haben muß, wenn das Instrument in der That zu Beobachtungen tauglich sein soll. — Um nun auch dieser Forderung zu genügen, wird man dieselbe Libelle, ohne übrigens jetzt den Kreis selbst weiter zu bewegen, zuerst in einer und dann in der entgegengesetzten Lage auf die Endpunkte der Axe AB stellen, so daß derselbe Fuß der Libelle zuerst nach A und dann nach B kommt. Steht die Libelle in diesen beiden Lagen derselben bei verschiedenen Theilstrichen, so wird man durch eine eigends dazu bestimmte Schraube, die an der einen der Stützen fg bei Z angebracht ist, diese Stütze etwas erhöhen oder erniedern, bis die Libelle in der Mitte zwischen jenen beiden abgelesenen Theilstrichen steht und dieses Verfahren wird man so lange wiederholen, bis die Libelle in ihren beiden Lagen immer denselben Theilstrich zeigt, wo dann die Drehungsaxe AB horizontal oder dem Kreise RR' parallel, und zugleich der Kreis TT' gegen den Horizont senkrecht sein wird. — Um endlich auch noch die optische Axe des Fernrohrs mit dem Kreise TT' parallel zu stellen, wird man den senkrechten Faden desselben auf irgend ein scharf begrenztes terrestrisches Object richten, und dann die Axe AB sammt Fernrohr und Höhekreis aus ihren beiden Lagern bei A und B herausheben, um es in verkehrter Stellung, so daß jetzt das Axenende A auf das Lager B komme, wieder in diese Lage zurückbringen. Wird jetzt das Fernrohr wieder auf das terrestrische Object zurück gebracht, und weicht der Faden etwas von demselben ab, so wird man die Hälfte

des bemerkten Fehlers durch die Schraube bei A verbessern, welche bestimmt ist, das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen.

Verwandtschaft, chemische, Mischungskraft, (lat.) Affinität ist die (chemische) Kraft, welche ein derartiges gegenseitiges Durchdringen verschiedenartiger Körper bewirkt, daß keiner der beiden in Verbindung getretenen Körper mehr zu erkennen ist, und ein neuer oft in allen seinen Eigenschaften von den in ihm vereinigten Körpern unterschiedener Körper erscheint, der ein durchgängig gleichartiges (homogenes) Ganzes bildet. Die verschiedenen Körper haben eine gewisse Neigung sich mit bestimmten anderen Körpern zu vereinigen, und halten nach der Vereinigung einander mit einer gewissen Kraft fest; dabei haben sie zu einigen Körpern größere Neigung (gehen leichter, begieriger Verbindungen mit ihnen ein) als zu anderen, und halten jene daher auch fester als diese. Daher kann man einen Körper von einem andern, mit dem er verbunden ist, dadurch trennen, scheiden, daß man einen dritten Stoff, zu dem er größere Verwandtschaft hat, in geeigneter Weise hinzubringt. Der erste zusammengesetzte Körper wird auf diese Weise zerlegt, dabei aber auch eine neue Mischung bewirkt. Die Gesetze, nach denen Mischungen und Trennungen, Scheidungen, Zerlegungen erfolgen, sind der Gegenstand der Verwandtschaftslehre oder Affinitätslehre. Erst mit der Ausbildung dieser Lehre hat die Chemie eine wissenschaftliche Grundlage gewonnen. Bergmann war der erste, welcher die chemischen Erscheinungen nach bestimmten Gesetzen ordnete. Spätere Erfahrungen und Entdeckungen haben seine Lehre erweitert und vervollkommnet. Ihre wichtigsten Sätze sind folgende.

Verwandt heißen Körper, welche sich zu einem gleichartigen Ganzen verbinden, und wenn bei dieser Verbindung nicht zugleich Scheidungen auftreten, so findet mischende Verwandtschaft (affinitas compositionis) statt. Dieselbe heißt einfach, wenn nur zwei (einfache oder zusammengesetzte) Körper in Verbindung treten; vielfach oder verwickelt, wenn sich mehr als 2 Körper verbinden. — Wenn ein dritter Stoff mit einer Verbindung von zwei Körpern sich verbindet, zu denen er einzeln keine Verwandtschaft hat, so heißt die mischende Verwandtschaft, welche in diesem Falle auftritt: erzeugt (producta). So verbindet sich z. B. Quecksilber weder mit Stickstoff noch mit Kohlenstoff, wohl aber mit Cyan, der Verbindung jener beiden, zu Cyanquecksilber. — Wird die mischende Verwandtschaft zweier (nicht verwandter) Körper durch einen dritten bewirkt, welcher mit jedem einzelnen von jenen in Affinität stand, so heißt dieselbe aneignend (approximans). So z. B. ist Fett nicht löslich in Wasser, indem es aber zu Kali Affinität hat, welches seinerseits wieder dem Wasser verwandt ist, so wird durch das Kali das Fett (als Seife) im Wasser löslich. — Wenn sich die in Berührung gebrachten Körper unter keiner Bedingung verbinden, so haben sie keine Verwandtschaft. — Einfache Wahlverwandtschaft (affinitas electiva simplex) findet statt, wenn die Verbindung zweier Körper durch einen dritten Körper aufgehoben wird,

welcher sich selbst mit demjenigen jener beiden verbindet, zu dem er nähere Verwandtschaft hat, als jene beiden unter sich. Man habe eine Mischung a + b, zu der ein Körper c komme; hat nun a zu c nähere Verwandtschaft als zu b, so bildet sich eine Verbindung a + c und b wird ausgeschieden; hat dagegen b zu c nähere Verwandtschaft als zu a, so bildet sich ein Körper b + c und a wird ausgeschieden. Der ausgeschiedene Körper heißt Educt, die erzeugte Mischung Product. — Doppelte Wahlverwandtschaft (affinitas electiva duplex) findet statt, wenn die Verbindung zweier Körper mit der Verbindung zweier anderen Körper in Berührung kommt, die Bestandtheile der ersten Verbindung zu denen der zweiten eine nähere Verwandtschaft haben, als die bereits verbundenen Stoffe zu einander, und daher beide bestehende Verbindungen aufgelöst werden, dagegen der eine Bestandtheil der ersten Verbindung mit dem einen Bestandtheil der zweiten Verbindung und eben so der andere Bestandtheil der ersten Verbindung mit dem andern Bestandtheil der anderen Verbindung sich verbindet. Es sei a + b die eine Mischung, c + d die andere, hat nun a zu d und b zu c nähere Verwandtschaft als a zu b und c zu d, so bilden sich zwei Mischungen a + d und b + c. — Bei der Wahlverwandtschaft ist im Allgemeinen zu bemerken, daß die neu hinzugekommenen Stoffe sich mit den vorhandenen von entgegengesetzter Qualität verbinden, und diejenigen ausscheiden, welche zu einer Klasse mit ihnen gehören. Säuren werden also durch Säuren ausgeschieden, und Basen durch Basen, Säuren verbinden sich mit Basen, Basen mit Säuren. — Bei der doppelten Wahlverwandtschaft kommen zwei Klassen von Affinitäten ins Spiel, nämlich ruhende (der bereits bestehenden Verbindungen) und zerlegende. Es kann der Fall eintreten, daß mehre kleinere Affinitäten zusammen eine größere überwiegen.*) — Prädisponirend nennt man bei der einfachen und doppelten Wahlverwandtschaft die Verwandtschaft eines Körpers zu einer Verbindung, die sich erst auf Kosten einer schon vorhandenen Verbindung bilden muß, so daß letztere aufgehoben wird. Hierbei entscheidet ebenfalls die Summe der möglichen Affinitäten für den Erfolg.**) — Zuweilen bildet

*) Hat man z. B. kohlensaures Kali und schwefelsauren Baryt, und bezeichnet man die möglichen Verwandtschaften mit Zahlen:

z. B. die Affinität der	Kohlensäure	zu	Kali	sei bei 80° R.	=	9
— —	—	—	Baryt	— —	=	14
— —	Schwefelsäure	zu	Kali	— —	=	62
— —	—	—	Baryt	— —	=	66

so ist 14 + 62 = 76 mehr als 9 + 66 = 75, und es erfolgt mithin Zerlegung, obschon die Affinität der Schwefelsäure zum Baryt größer als alle übrigen ins Spiel kommenden Affinitäten ist.

**) Z. B. kohlensaures Natron werde mit Phosphor erhitzt, so wird die Kohlensäure zerlegt. Der Sauerstoff derselben tritt an den Phosphor, bildet Phosphorsäure, welche mit dem Natron zu phosphorsaurem Natron sich

sich bei der Berührung zweier aus zwei Bestandtheilen zusammengesetzter Körper, nur Ein neues aus zwei Bestandtheilen zusammengesetztes Product, während die beiden übrigen Bestandtheile unvereinigt ausgeschieden werden. — Wenn ein einzelner Stoff zu einer Verbindung von drei anderen kommt, so verbindet er sich entweder mit einem Bestandtheile, und die beiden anderen Bestandtheile werden nun vereinigt ausgeschieden, oder es entstehen zwei Verbindungen, von denen jede aus zwei Bestandtheilen besteht, oder endlich es entsteht eine neue Verbindung aus drei Stoffen und ein Stoff scheidet sich aus. — Noch verwickelter werden die Erfolge, wenn mehr als 4 Stoffe in Mischung kommen. Zu leichterer Uebersicht muß man in diesem Falle zuweilen zusammengesetzte als einfache betrachten (wenn keine Zersetzung derselben erfolgt), oder auch wohl einen Stoff doppelt nehmen. — **Vielfache Wahlverwandtschaft** (affinitas electiva multiplex) findet dann statt, wenn bei mehr als 5 Stoffen, die in Mischung kommen, je 2 und 2 sich verbinden. So z. B. bilden salpetersaures Quecksilberoxydul und Kochsalzauflösung: Mercurius dulcis, kubischen Salpeter und Wasser. — Die Erfolge der Wahlverwandtschaft hängen nicht selten von der Temperatur ab, weil die Verwandtschaft zum Theil durch die Wärme bedingt wird. Durch Wärmeveränderung können häufig die Affinitätsgrößen geändert werden, so daß ein umgekehrter Erfolg eintritt. Hierbei treten die **wechselseitigen Verwandtschaften** (affinitates reciprocae) auf. So z. B. zerlegt die Schwefelsäure zum Theil den in Wasser gelösten Weinstein in der Kochhitze und bildet schwefelsaures Kali; bei gewöhnlicher Temperatur zerlegt aber die Weinsäure das in Wasser gelöste schwefelsaure Kali, und bildet Weinstein. — Aus der Verwandtschaftslehre ergibt sich die Verschiedenheit der Affinitätsgrößen. Bis jetzt hat man noch nicht vermocht im Vergleich mit den übrigen physischen Kräften die absolute Affinitätsgröße zu bestimmen. Dagegen pflegt man die relative Affinitätsgröße so zu bestimmen, daß man untersucht, welche Verbindungen eines Körpers in einfacher Wahlverwandtschaft durch einen anderen Körper getrennt werden. Die größte Verwandtschaft hat der Körper zu einem andern, welcher, um sich mit diesem zu vereinigen, alle übrigen etwa bestehenden Verbindungen desselben aufhebt, sobald er mit ihm in Mischung kommt.*)

---

verbindet, und Kohle wird ausgeschieden. Hier ist also die größere Affinität des Natrons zur Phosphorsäure, welche sich erst auf Kosten der Kohlensäure bilden muß, die Ursache der Zerlegung, und da diese erfolgt, obgleich die Kohle in der Glühhitze eine größere Affinität zum Sauerstoff hat, als Phosphor, so muß die Summe der Verwandtschaft des Natrons zur Phosphorsäure, die sich erst bildet, + des Phosphors zum Sauerstoff in der Glühhitze größer sein, als die Verwandtschaft des Natrons zur Kohlensäure + der Verwandtschaft des Kohlenstoffs zum Sauerstoff in der Glühhitze.

*) a sei verbindbar mit b, c, d, e, f, die Verbindung a + b werde durch c,

c

Man kann die relativen Affinitätsgrößen mit Zahlen bezeichnen, die sich aus den Erfolgen der doppelten Wahlverwandtschaft zum Theil berechnen lassen. Guyton Morveau berechnete hiernach einige Säuren und Basen: Die Affinitätsgröße der Schwefelsäure

zu	Baryt	erhält	so	die Zahl	56
—	Kali	—	—	—	62
—	Natron	—	—	—	58
—	Kalk	—	—	—	54
—	Magnesia	—	—	—	50.

Da die Salpetersäure geringere Affinität zu den Basen hat, als die Schwefelsäure, so müssen auch die Zahlen ihrer Affinitätsgrößen kleiner sein; auch folgen sich die Basen in anderer Ordnung, und man erhält ungefähr folgende Zahlen: Für die Affinität der Salpetersäure

zu	Kali	62
—	Natron	58
—	Baryt	50
—	Kalk	44
—	Magnesia	40.

Salzsäure, Essigsäure und Kohlensäure erhalten nach ihrer Affinität zu den Basen immer kleinere Zahlen. — Die Affinitätsgrößen stehen aber nicht im Verhältniß zu den Mengen, mit denen sich die Körper gegenseitig sättigen: denn 76 Theile Baryt nehmen auf

40 Schwefelsäure
54 Salpetersäure
37 Salzsäure
51 Essigsäure
22 Kohlensäure.

die Verbindung a + c durch d und die Verbindung a + d durch e, a + e aber durch f zerlegt; so hat f die größte Affinität zu a. Hierauf folgt e, dann d, c, b; also hat b die geringste Affinität zu a. Oder Schwefelsäure sei verbindbar mit Kupferoxyd, Zinkoxyd, Magnesia, Kalk, Natron, Kali, Baryt. Es zerlege das Zinkoxyd das schwefelsaure Kupferoxyd, schwefelsaures Zinkoxyd werde durch Magnesia, schwefelsaure Magnesia durch Kalk, schwefelsaurer Kalk durch Natron, schwefelsaures Natron durch Kali, schwefelsaures Kali endlich durch Baryt zerlegt: so ist die Affinität des Baryts zur Schwefelsäure am größten, dann folgt Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Zinkoxyd und zuletzt Kupferoxyd, welches also unter diesen Körpern die geringste Affinität zur Schwefelsäure hat. — Ferner: Kali verbinde sich mit Kohlensäure, Essigsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure, Essigsäure zerlege das kohlensaure Kali, Salzsäure das essigsaure, Salpetersäure das salzsaure, Schwefelsäure das salpetersaure Kali; so hat wieder Schefelsäure die größte Affinität zu Kali; dann folgen Salpeter-, Salz-, Essig- und Kohlensäure.

Noch gelten als Gesetze für die Affinitätsgrößen: 1) Verbindet sich a mit b in mehrfachen Verhältnissen, so hält es die geringste Menge von b mit der größten Affinität, die 2te, 3te u. s. w. mit immer schwächerer Affinität an sich. Z. B. Mangan verbindet sich in sechs Verhältnissen mit Sauerstoff. Die geringste Menge, im Oxydul, kann durch Hitze nicht und nur schwierig durch Reductionsmittel entzogen werden. Es zieht selbst noch Sauerstoff an der Luft an, verbrennt. Die zweitgeringste, im Oxyd, kann auch nicht durch Hitze entzogen werden. Doch zieht dieses Oxyd keinen Sauerstoff aus der Luft an. Die 3te Menge im Hyperoxydul kann durch Weißglühhitze, die 4te im Hyperoxyd durch Rothglühhitze, die 5te in der manganichten Säure und die 6te in der Mangansäure schon durch Entziehung des Wassers, so wie durch sehr viele desoxydirende Substanzen leicht abgeschieden werden. — 2) Die einfachen Körper haben in der Regel die stärksten und mannichfaltigsten Affinitäten, mit der Zusammengesetztheit derselben nimmt ihre Affinität ab, und hört endlich ganz auf. — 3) Einfache Stoffe äußern gegen einfache, und zusammengesetzte Körper gegen zusammengesetzte vorzugsweise die stärksten Affinitäten. — 4) Je entgegengesetzter sich die Stoffe in ihren Qualitäten verhalten (unter Berücksichtigung von 3), um so stärker ist in der Regel ihre Verwandtschaft. — Die stärksten Basen haben zu den stärksten Säuren die größte Affinität.

Berthollet sah in der Affinität dieselbe Kraft, welche auch in der Schwere, der Cohäsion und der Adhäsion auftritt, und nahm nur an, daß diese Kraft in der Verwandtschaft zwischen den kleinsten Theilen der Körper wirksam auftrete, weßwegen sie sich kräftiger äußere. Er hielt die Affinität daher auch für abhängig von dem mehr oder weniger freien Wirken der erwähnten und anderer physischen Kräfte. Seine Verwandtschaftslehre gewährt eine leichte Erklärung mancher unregelmäßigen Erscheinungen, und hat früher großen Anhang gefunden. Dieselbe ist in gedrängter Uebersicht folgende.

Sämmtliche Körper, sowohl die einfachen als die zusammengesetzten, haben gegen alle übrigen Körper Verwandtschaft, nur durch den Einfluß fremder Kräfte kommt in gewissen Fällen die Verbindung nicht zu Stande. Die Körper können sich in allen Verhältnissen vereinigen. Es gibt keine Sprünge in der Affinität, welche durch Quantitäten bestimmt sind. Die Verwandtschaft der Körper wächst stetig mit ihrer Menge, und es kann eine starke Verwandtschaft durch eine schwache überwogen werden, wenn die Verbindung zweier stark verwandten Stoffe mit einer hinreichenden Menge eines dritten in Berührung kommt, welcher eine schwächere Affinität zu einem Bestandtheil der Mischung hat, als diese unter sich. — Die Kraft, womit ein Körper im Verhältniß seiner Affinität und Menge wirkt, ist das Product der Affinität in die Gewichtsmenge, welches **Berthollet** die chemische Masse — **Fischer** und **Hildebrand** das chemische Moment nennen. — Es gibt keine Scheidung im Sinne der Wahlverwandtschaft. Wirkt ein dritter Stoff auf die Verbindung zweier, so kann er diese nicht trennen, nur schwächen, indem er sich mit einem von beiden vereinigen will, theilen sich

dessen Ziehkräfte im Verhältniß der chemischen Massen beider einwirkenden Stoffe. Der Körper, welcher den Ziehkräften beider folgt, heißt die Unterlage. Erfolgt aber eine wirkliche Trennung, so sind fremde Kräfte die Ursache. — Die sogenannten fremden Kräfte sind: 1) Cohäsion; hierunter versteht Berthollet das Streben der Körper zum Festwerden, sie äußert sich bald als Unauflöslichkeit, bald als Schwerlöslichkeit oder als Krystallisationskraft, und bewirkt bei ihrem Vorherrschen häufig den Erfolg chemischer Affinität. — Tritt bei dem angeführten Falle, wo ein dritter Körper auf die Verbindung zweier wirkt, zugleich die Cohäsionskraft, z. B. als Unauflöslichkeit ein, so kann sich die Unterlage nicht im Verhältniß der einwirkenden chemischen Massen theilen, sondern die Cohäsion wirkt als eine neue Kraft mit ein, und entzieht durch das Festwerden das Product, oder wenn die, wegen Einwirkung des dritten Stoffes, geschwächte frühere Verbindung die Cohäsion eines Bestandtheils freier wirken läßt, das Educt, der Reaction der Unterlage. (Schwefelsäure bildet mit essigsaurem Bleioxyd ein unauflösliches Product — Schwefelsaures Bleioxyd. — Kali veranlaßt in einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd ein unauflösliches Educt — Bleioxyd). — Werden zwei oder mehre zusammengesetzte Körper in gelöstem Zustande vermischt, so bilden sich die möglichen unauflöslichen Verbindungen jederzeit vorzugsweise. Aehnlich verhalten sich die Körper bei der Krystallisation, die schwerlöslichen Verbindungen erzeugen sich immer, und scheiden sich zuerst aus. Man kann daher beim Vermischen mehrer Körper in der Regel voraus bestimmen, welche Verbindungen und Zerlegungen erfolgen, wenn man die dabei vorwaltende Cohäsion kennt. — 2) Ausdehnsamkeit (von Berthollet Elasticität genannt). Diese wirkt in entgegengesetzter Richtung, und bestimmt bei ihrem Vorherrschen auf ähnliche Weise die Erfolge der Affinität. — Bei der Verbindung zweier Körper, von denen einer Tendenz zur Dampf- oder Gas-Form hat, wird durch einen dritten, mit dem fixren Stoffe verwandten Körper die Verbindung geschwächt. Die ausdehnende Kraft wirkt freier, führt den Körper in die Gasform über, und entzieht ihn so der Einwirkung der Unterlage. (Kohlensaure Verbindungen werden durch die meisten Säuren zerlegt). — Da die Wärme die Cohäsion vermindert, die Ausdehnsamkeit aber erhöht, so lassen sich die Erfolge der Affinität bei verschiedenen Temperaturen meistens voraus bestimmen. Es werden nämlich bei niedrigen Temperaturen Mischungen und Scheidungen vorzüglich nach vorwaltender Cohäsion, bei höherer Temperatur nach vorwaltender Ausdehnsamkeit erfolgen. — Die Umdrehungen der Affinitätserfolge bei denselben Körpern sind hiernach erklärlich.*) — Die Unauflöslichkeit, Affinitätsgrößen, Mengen u. s. w.

*) Wird z. B. Weinstein in kochendem Wasser gelöst, und Schwefelsäure zugesetzt, so entzieht diese, wegen starker Affinität zum Kali, einen Theil desselben dem Weinstein, und scheidet sich noch vor dem völligen Erkalten als schwefelsaures Kali in krystallinischer Form aus. Kommt aber Weinsäure zu einer kalten Lösung von schwefelsaurem Kali, so bildet sich in dieser nie-

sind hierbei mit in Anschlag zu bringen.*) — Zusammengesetzte Verwandtschaft nennt Berthollet die doppelte Wahlverwandtschaft, und abgeleitete Verwandtschaft ist ihm die Affinität zusammengesetzter Körper. Er leitet ihre gegenseitige Affinität von der Affinität ihrer Bestandtheile ab. — Die abgeleitete Verwandtschaft muß geringer als die ursprüngliche sein, weil die zusammengesetzten Körper bei ihrer Verbindung schon einen Grad der Sättigung (Ausgleichung) erlitten haben.**) — Nach Berthollet tritt Sättigung ein, wenn die Körper gleichförmig gemischt sind; das Menge-Verhältniß derselben mag sein, welches es will. — 1 Theil ist so gut mit 1000 Theilen gesättigt, wie mit 1 Theil, wenn alles gleichförmig gemischt ist. — Treten hierbei bestimmte Qualitätsveränderungen ein, so sind dieses Grade der Sättigung. Die Neutralität z. B. ist ein Grad der Sättigung.***) —

Die Berthollet'sche Verwandtschaftslehre läßt sich nur mit Hilfe vieler Hypothesen zu Erklärung aller chemischen Erscheinungen anwen-

---

drigen Temperatur, wegen vorwaltender Cohäsion, Weinstein. — Setzt man zu chlorhaltiger Salpetersäure salpetersaures Bleioxyd, so entsteht bei gewöhnlicher Temperatur schwerlösliches Chlorblei. Erhitzt man das Gemenge, so löst sich das Chlorblei als salzsaures Bleioxyd, welches durch die Salpetersäure zerlegt wird. Bei der Destillation geht wieder chlorhaltige Salpetersäure über, und der Rückstand ist salpetersaures Bleioxyd. — Die mit schwacher Affinität aber vorherrschender Cohäsion begabte Boraxsäure wird in der Kälte durch die meisten Säuren in fester Form ausgeschieden. In der Glühhitze aber zerlegt sie selbst schwefelsaure Salze, weil Schwefelsäure flüchtig, trockne Boraxsäure aber nicht flüchtig ist. Die Efflorescenz wirkt der Cohäsion und Ausdehnsamkeit ähnlich.

*) So zerlegt nach Buchner und Schmidt die Essigsäure zum Theil den salzsauren Kalk in der Hitze. Salzsäure im Ueberschuß zerlegt schwefelsaures Natron partiell.

**) So wäre die Affinität der Schwefelsäure zum Wasser ableitbar von den Affinitäten des Sauerstoffs und Schwefels zum Wasser. Die ursprünglichen Affinitäten können sich aber wegen der ausdehnsamen und festen Form der Bestandtheile nicht bedeutend äußern; während sie sich in der tropfbarflüssigen Schwefelsäure, wegen den kleinern Raum, den ihre Masse einnimmt, und der Beweglichkeit ihrer Theilchen, sehr stark äußert. — Die Aeußerung der Affinität hängt also auch von der Form der Körper mit ab. Aber die feste wasserleere Schwefelsäure hat die stärkste Affinität zum Wasser! —

***) Weitere Belehrung über Berthollets Ansichten gibt dessen essai de statique chimique, Paris 1803. Auch übersetzt von Fischer, Berlin 1811, und dessen recherches sur les lois de l'affinité. Paris 1811. — Das Obenstehende und Nachfolgende nach Geigers Pharmacie Bd. 1.

den, und hat sich dadurch als mangelhaft erwiesen. Die Annahme, daß die Affinität stetig wirke und mit der Menge in Verhältniß stehe, läßt sich nicht durchführen. Nur bei den losen chemischen Verbindungen, den Gemengen (s. d. Art. Lösungen), gehen zuweilen die Stoffe in allen Verhältnissen zusammen. Die eigentlichen festen chemischen Verbindungen, bei denen außer der Formumänderung Veränderung der Qualität eintritt, gehen nur in gewissen Mengenverhältnissen vor sich. Gibt es mehre solche Verhältnisse, in denen ein Körper mit einem andern sich verbindet, so stehen die neuen Mengen mit den vorhergehenden in Proportion, und falls etwas mehr oder weniger vorhanden ist, bleibt es außer Verbindung. Diese wichtige Entdeckung ist es, welche die Lehre von den chemischen Proportionen oder Stöchiometrie (v. d. griech. στοιχεῖον Bestandtheil, Grundstoff) begründet. Diese Lehre ist zuerst von Richter zu Ende des vorigen Jahrhunderts ausgebildet worden, nachdem schon füher Wenzel auf die merkwürdige Erscheinung aufmerksam gemacht hatte, daß, wenn bei der doppelten Wahlverwandtschaft 2 Neutralsalze ihre Basen und Säuren verwechseln, die neuentstandenen Salze ebenfalls neutral sind. Man erkannte die Richterschen Entdeckungen nicht alsbald an, und erst in neuerer Zeit haben sie allgemeine Anerkennung und Bestätigung gefunden. Richter bestätigte das von Wenzel aufgefundene wichtige Gesetz der Neutralitäts-Reihen durch viele Versuche, und dehnte dasselbe auch auf die Metallsalze aus. Er sprach es auf folgende allgemeine Weise aus: Verwechseln zwei Neutralsalze ihre Basen und Säuren, so sind die neuentstandenen Salze ebenfalls neutral. Daraus folgt, daß die Säuren mit den Basen ein beständiges gleichförmiges Verhältniß beobachten, welches für alle Säuren gilt. Das Nämliche gilt umgekehrt von den Basen gegen die Säuren. Es werden daher die Quantitäten zweier oder mehrer Basen, welche erforderlich sind, um gleiche Theile irgend einer Säure zu sättigen, sich eben so gegeneinander verhalten, als die Quantitäten dieser Basen, um gleiche Theile jeder andern Säure zu sättigen. Dasselbe gilt von Säuren zu den Basen z. B.

2,75 Kohlens. neutralisiren	3,5	Kalk,
	4	Natron,
	6	Kali,
	9,5	Baryt,
	14	Bleioxyd,
	14,5	Silberoxyd.

Oder 3,5 Kalk neutralisiren	2,75	Kohlensäure,
	3,375	Blausäure,
	4,5	Kleesäure,
	4,625	Salzsäure,
	5	Schwefelsäure,
	6,75	Salpetersäure.

Man sieht aus diesen Tabellen, daß zwar jede Säure und jede Base eine andere Zahl hat, allein das Verhältniß bleibt für jede Säure und Base dasselbe. 6 Kali, 9,5 Baryt u. s. w. sättigen dieselben Mengen Säuren als 3,5 Kalk; oder 4,5 Kleesäure, 5 Schwefelsäure u. s. w. sättigen dieselben Mengen Basen, wie 2,75 Kohlensäure. — Man kann daher beide Tabellen in Eine zusammenziehen. Nämlich:

2,75	Kohlensäure	3,5	Kalk
3,375	Blausäure	4	Natron
4,5	Kleesäure	6	Kali
4,625	Salzsäure	9,5	Baryt
5	Schwefelsäure	14	Bleioxyd
6,75	Salpetersäure	14,5	Silberoxyd.

Hier bleiben die Reihen gegenseitig für die angegebenen Mengen Säuren und Basen gleich. Richter nannte diese Reihen Massenreihen. — Kennt man daher das Neutralitäts-Verhältniß dreier Salze, so läßt sich das vierte, welches aus den Bestandtheilen gebildet werden kann, durch Rechnung finden. — Man suche z. B. das Neutralitätsverhältniß des schwefelsauren Kalis. Weiß man nun, daß 4,625 Salzsäure 9,5 Baryt sättigen, ferner, daß dieselbe Menge Salzsäure 6 Kali neutralisiren, und die angeführte Menge Baryt 5 Schwefelsäure zur Sättigung erfordern, so müssen auch 5 Schwefelsäure 6 Kali neutralisiren. — Aus dieser Tabelle ersieht man ferner sogleich, wie viel von einem Salze muß genommen werden, um die gegebene Quantität eines andern durch doppelte Wahlverwandtschaft zu zerlegen.*)

Berzelius namentlich hat durch die zahlreichsten und genauesten Versuche die Lehre, daß die festern chemischen Verbindungen nach bestimmten Verhältnissen geschehen, auf unbezweifelte Weise dargethan. Derselbe bestätigte auch die von Dalton gemachte Entdeckung, daß wenn sich zwei Körper in mehrfachen Verhältnissen zu innigen chemischen Gemisch n verbinden, sie dabei eine arithmetische Reihe befolgen. Es ergeben sich hieraus folgende stöchiometrische Gesetze: 1) Vereinigen sich zwei Kör-

*) Man will z. B. 11 Theile schwefelsaures Kali mit salzsaurem Baryt (der hier ohne Krystallisations-Wasser angenommen wird) zerlegen, so sind wieder 9,5 Baryt nöthig, um 5 Schwefelsäure, die in 11 Theilen schwefelsaurem Kali enthalten sind, zu sättigen; dieselbe Menge Baryt bedarf aber 4,625 Salzsäure zur Neutralisation: also sind 9,5 + 4,625 = 14,125 salzsaurer Baryt nöthig, um 11 Theile schwefelsaures Kali vollständig zu zerlegen. — Das quantitative Verhältniß der Bestandtheile war vor der Zerlegung 4,625 Salzsäure + 9,5 Baryt = 14,125 salzsaurer Baryt, und 5 Schwefelsäure + 6 Kali = 11 schwefelsaures Kali. Es betrugen also die Bestandtheile der Salze vor der Zerlegung 25,125. Nach der Zerlegung bildeten sich aus 5 Schwefelsäure + 9,5 Baryt, 14,5 schwefelsaurer Baryt und 4,625 Salzsäure gaben mit 6 Kali 10,625 salzsaures Kali. Die Summe der Bestandtheile war also nach der Zerlegung wieder 25,125.

per in mehrfachen Verhältnissen zu innigen chemischen Gemischen (wobei chemische Qualitätsveränderung stattfindet), so sind die Quantitäten des einen Körpers, die mit der Verbindung nach der kleinsten Menge aufs Neue in Mischung treten, ein Multiplum in ganzen Zahlen (zuweilen auch ein Submultiplum) von der geringsten Menge desselben Körpers.*) — 2) Die Quantitäten, in denen sich ein Körper mit einem andern nach der geringsten Menge verbindet, müssen in der Regel der gemeinsame Divisor aller Quantitäten sein, womit sich derselbe Körper in größern Mengenverhältnissen mit dem andern vereinigt.**) — Um eine leichte Uebersicht der Mengenverhältnisse zu erhalten, in denen sich die Körper vereinigen, nimmt man einen Stoff als Einheit an, und berechnet die übrigen Gewichte nach den angeführten Gesetzen. — Entweder wird der Wasserstoff als Einheit angenommen, weil er mit dem kleinsten Gewichte in Mischung tritt, oder der Sauerstoff, weil dieser die mannigfaltigste Affinität zeigt. Das relative Gewicht, womit sich die Körper gegenseitig nach ihren geringsten Mengen vereinigen, heißt: das chemische Gewicht, Mischungsgewicht, die Verhältnißzahl, das chemische Aequivalent, Atomen-Gewicht. — Z. B. wenn Wasserstoff = 1 angenommen wird, und man findet, daß sich 8 Gewichtstheile Sauerstoff mit 1 Gewichtstheil Wasserstoff vereinigen müssen, um Wasser zu bilden, so ist das Mischungsgewicht des Sauerstoffs = 8; denn weniger als 8 Sauerstoffe können sich nicht mit einem ganzen Gewichtstheil Wasserstoff verbinden. Die Erfahrung lehrt ferner, daß 16 Theile Schwefel und 36 Theile Chlor nöthig sind, um 1 Theil Wasserstoff zu binden, zur Erzeugung der Hydrothionsäure und Salzsäure; das Mischungsgewicht von Schwefel ist also 16, und das M. G. von Chlor 36. — Das M. G. des Sauerstoffs fanden wir = 8; verbinden sich nun 8 Theile Sauerstoff mit 104 Blei, um die niedrigste salzfähige Oxydationsstufe des Bleis zu bilden,

---

*) Verbindet sich a mit b in mehren Verhältnissen, so verbindet sich 1 a mit 1 b, (mit $1\frac{1}{2}$ b) mit 2 b (mit $2\frac{1}{2}$ b) mit 3 b, 4 b, 5 b, 6 b u. s. w. Schwefel verbindet sich mit Sauerstoff in mehren Verhältnissen. Es verbinden sich nämlich 16 Th. Schwefel mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff zu Schwefeloxyd (hyposchwefelichter Säure), mit 2.8 = 16 Sauerstoff zu schwefelichter Säure, mit $2\frac{1}{2}$.8 = 20 Sauerstoff zu Hyposchwefelsäure, mit 3.8 = 24 Sauerstoff zu Schwefelsäure. Eben so vereinigen sich 14 Stickstoff mit 8 Sauerstoff zu oxydulirtem Stickgas, mit 2.8 = 16 Sauerstoff zu Stickoxyd oder Salpetergas, mit 3.8 = 24 zu untersalpeterichter Säure, mit 4.8 = 32 zu salpeterichter Säure, mit 5.8 = 40 zu Salpetersäure. — Zwischen diesen Abstufungen findet keine Verbindung des Schwefels oder Stickstoffs mit Sauerstoff statt.

**) Die vorigen Beispiele dienen zugleich zur Erläuterung dieses Satzes, denn es ist bei dem letzten Beispiel für Stick- und Sauerstoff 8 der Divisor für 40, 32, 24 und 16.

so erhalten wir die Zahl 104 für das M. G. des Bleis u. s. w. — Bei Scheidungen müssen immer eine gleiche Zahl Mischungsgewichte des hinzukommenden Stoffes an die Stelle des ausgeschiedenen treten. — Sind 104 Blei mit 8 Sauerstoff verbunden, und es soll an die Stelle des Sauerstoffs Schwefel treten, so müssen 16 Theile Schwefel hinzu kommen. — Soll Chlor an die Stelle von 8 Sauerstoff kommen, so sind 36 Theile hierzu erforderlich. — Sind 2, 3 u. s. w. Mischungsgewichte eines Stoffes mit einem Mischungsgewicht eines andern verbunden, so müssen, um diese 2, 3 u. s. w. Mischungsgewichte zu entfernen, eben so viele Mischungsgewichte des neuen Stoffes an dessen Stelle treten; z. B. in 216 Theilen Quecksilberoxyd sind 2 . 8 = 16 Sauerstoff enthalten, soll an dessen Stelle Schwefel treten, so müssen 2 . 16 = 32 Theile kommen. Von Chlor müssen 2 . 36 = 72 hinzukommen. — Diese Sätze sind durch die Erfahrung vollkommen bestätigt. Es bestehen wirklich 112 Theile Bleioxyd aus 104 Metall und 8 Sauerstoff; 120 Schwefelblei enthalten 16 Schwefel, und 140 Chlorblei 36 Chlor. Ferner besteht der Zinnober aus 200 Quecksilber + 32 Schwefel, und der ätzende Quecksilbersublimat enthält in 272 Theilen 72 Chlor. — Auf diese Weise hat man das Mischungsgewicht der meisten einfachen Körper aufgefunden. — Will man Sauerstoff als Einheit annehmen, so darf man die obigen Gewichte nur durch 8 dividiren. So wäre das M. G. des Wasserstoffs = 0,125, Sauerstoff = 1, Schwefel = 2, Chlor = 4,5, Blei = 13. — Folgende Tabelle enthält die Mischungsgewichte aller einfachen Stoffe, so weit sie bekannt sind, nach ihren Zahlengrößen, mit den kleinsten anfangend, geordnet.

Tabelle der Mischungsgewichte einfacher Stoffe.

	Mischungsgewicht des Wasserstoffs = 1.	Mischungsgewicht des Sauerstoffs = 1.
Wasserstoff	1	0,125
Kohlenstoff	6	0,750
Sauerstoff	8	1,000
Silicium	8	1,000
Lithium	8	1,000
Alumium	9	1,125
Magnium	12	1,500
Stickstoff	14	1,750
Schwefel	16	2,000
Phosphor	16	2,000
Fluor	18	2,250
Glycium	18	2,250
Boron	20	2,500
Calcium	20	2,500
Zirkonium	22	2,750
Natrium	24	3,000
Chrom	28	3,500
Eisen	28	3 500
Mangan	28	3,500
Kobalt	30	3,750

	Mischungsgewicht des Wasserstoffs = 1.	Mischungsgewicht des Sauerstoffs = 1.
Nickel	30	3,750
Tellur	32	4,000
Zink	32	4,000
Yttrium	32	4,000
Vanadin	34	4,250
Chlor	36	4,500
Kalium	40	5,000
Selen	40	5,000
Strontium	44	5,500
Antimon	44	5,500
Cerium	46	5,750
Titan	48	6,000
Molybdän	48	6,000
Arsenik	48	6,000
Platin	50	6,250
Iridium	50	6,250
Palladium	54	6,750
Cadmium	56	7,000
Zinn	60	7,500
Thorium	60	7,500
Kupfer	64	8,000
Gold	66	8,250
Baryum	68	8,500
Wismuth	70	8,750
Brom	80	10,000
Scheel	96	12,000
Blei	104	13,000
Rhodium	104	13,000
Silber	108	13,500
Jod	125	15,625
Tantal	184	23,000
Quecksilber	200	25,000
Osmium	200	25,000
Uran	217	27,125

Eine Tabelle der Mischungsgewichte einfacher Stoffe nach Berzelius ist im Art. Einfache Stoffe S. 27. mitgetheilt. Vergleicht man diese Tabelle mit der hier gegebenen, so fällt zunächst in die Augen, daß Berzelius den Sauerstoff = 100 annimmt. Derselbe weicht aber noch in mehren einzelnen Bestimmungen ab. So nimmt er z. B. an, daß das Wasser aus 1 M. G. Sauerstoff und 2 M. G. Wasserstoff bestehe; die Zahl des Sauerstoffes ist daher bei ihm noch einmal so groß als in der vorstehenden Tabelle und mit ihm die Zahl der meisten übrigen Stoffe, wenn Wasserstoff = 1 angenommen wird.*)

*) Um bei den chemischen Verbindungen Bruchtheile der Mischungsgewichte zu vermeiden, nimmt Berzelius ferner sogenannte Doppelatome an. So ist z. B. das Doppelatom des Phosphors = 392,310 (62,872 Wasserstoff = 1), welches als phosphorichte Säure 3 Mischungsgewichte Sauerstoff = 300 (oder 48, Wasserstoff als 1), als Phosphorsäure aber 5 Mischungsge-

Die obige Tabelle zeigt im Ueberblick sogleich, in welchem Verhältniß sich alle einfachen Körper nach ihren gegenseitigen geringsten Mengen verbinden. So vereinigen sich z. B. 8 Sauerstoff mit 8 Silicium zu 16 Kieselerde, mit 12 Maginum zu 20 Magnesia, mit 20 Calcium zu 28 Kalk, mit 40 Kalium zu 48 Kali, mit 108 Silber zu 116 Silberoxyd u. s. w., anstatt 8 Sauerstoff müßten dieselben Mengen der angeführten Körper stets 36 Chlor u. s. w. aufnehmen.

Das Mischungsgewicht eines zusammengesetzten Körpers ist gleich der Summe der Mischungsgewichte seiner Bestandtheile. Hiernach läßt sich das Mischungsgewicht jedes zusammengesetzten Körpers sogleich berechnen, wenn man genau weiß, welche Verbindungsstufe einfacher Körper derselbe ist. Z. B. Natrium nimmt 1 M. G. Sauerstoff auf, um Natron zu bilden; dieses hat also, nach der Tabelle, die Zahl 24 + 8 = 32; diese neutralisiren 1 M. G. Schwefelsäure. Schwefel hat die Zahl 16; er nimmt 3 M. G. Sauerstoff auf, um Schwefelsäure zu bilden, Schwefelsäure hat also die Zahl 16 + 3 . 8 = 40; also hat schwefelsaures Natron die Zahl 32 + 40 = 72; das schwefelsaure Natron nimmt noch 10 M. G. Wasser auf; das Wasser besteht aus gleichen M. G. Wasserstoff und Sauerstoff, d. i. 1 + 8 = 9; dieses 10mal genommen, gibt 90 Krystallisationswasser. Das krystallisirte schwefelsaure Natron hat also die Zahl 72 + 90 = 162 als Mischungsgewicht. Wollte man diese Menge zerlegen, z. B. durch doppelte Wahlverwandtschaft mit kohlensaurem Kali, so muß wieder ein Mischungsgewicht kohlensaures Kali zur vollständigen Zerlegung genommen werden. Dieses findet man wieder nach der Tabelle; Kalium = 40 + 8 Sauerstoff = 48 ist die Zahl für Kali, welches 1 M. G. Kohlensäure erfordert, um einfach kohlensaures Kali zu bilden. Kohle hat die Zahl 6, sie nimmt 2 M. G. = 2 . 8 Sauerstoff auf, um Kohlensäure zu bilden; also hat Kohlensäure die Zahl 22, und einfach kohlensaures Kali die Zahl 22 + 48 = 70 als Mischungsgewicht; und es erfordern demnach 162 Theile krystallisirtes schwefelsaures Natron 70 Theile trocknes einfach kohlensaures Kali zur vollständigen gegenseitigen Zerlegung. — Bei Salzen steht der Sauerstoff der Säuren in einfachem Verhältniß mit dem Sauerstoff der Base, und ist in

---

gewichte = 500 (oder 80, Wasserstoff als 1) aufnimmt; während das einfache Atom (Mischungsgewicht) $1\frac{1}{2}$ und $2\frac{1}{2}$ M. G. Sauerstoff aufnehmen würde. Das Doppelatom des Schwefels ist = 402,330 (64,478, Wasserstoff = 1), es nimmt als Hyposchwefelsäure 5 Mischungsgewichte Sauerstoff = 500 (oder 80, Wasserstoff als 1) auf, während das einfache Atom (Mischungsgewicht) $2\frac{1}{2}$ aufnähme. Das Doppelatom des Eisens ist = 678,426 (108,725, Wasserstoff = 1), es nimmt als Oxyd 3 M. G. Sauerstoff = 300 (oder 48, Wasserstoff als 1) auf. Das Doppelatom des Quecksilbers ist = 2531,644 (405,726, Wasserstoff = 1), es nimmt als Oxydul 1 M. G. = 100 (oder 16, Wasserstoff als 1) und als Oxyd 2 M. G. = 200 (oder 32, Wasserstoff als 1), Sauerstoff auf u. s. w.

der Regel ein Multiplum in ganzen Zahlen von letztern. So ist z. B. in allen neutralen (einfach) schwefelsauren Salzen der Sauerstoff der Säure das Dreifache des Sauerstoffs der Base, weil die Schwefelsäure 3 M. G. Sauerstoff hat; in sauren (doppelt) schwefelsauren Salzen ist er das 6fache. Bei salpetersauren Salzen ist er das 5fache des Sauerstoffs der Base; denn die Salpetersäure hat 5 M. G. Sauerstoff u. s. w. Enthält eine Base mehr als ein M. G. Sauerstoff, so muß auch die Menge der Säure in diesem Verhältniß zunehmen. Z. B. Kupferoxydul enthält 1 M. G. Sauerstoff, neutrales schwefelsaures Kupferoxydul besteht demnach aus gleichen M. G. Kupferoxydul und Schwefelsäure; das Kupferoxyd enthält aber 2 M. G. Sauerstoff, es erfordert demnach auch 2 M. G. Säure zur Sättigung und die gesättigte Verbindung besteht aus 1 M. G. Oxyd und 2 M. G. Säure. Der Sauerstoff der Säure verhält sich also auch hier in beiden Salzen zum Sauerstoff der Base = 3 : 1. — Man bemerkt bei Ansicht der Tabelle, daß oft mehre Stoffe dieselben Mischungsgewichte haben, ferner: daß viele dieser Zahlen mit anderen in sehr einfachem Verhältnisse stehen. Z. B. Phosphor und Schwefel haben gleiche Mischungsgewichte, beide Körper sind einander sehr ähnlich, — eben so Eisen und Mangan. — Addirt man das M. G. des Kaliums zu dem M. G. des Lithiums, und dividirt die Summe durch 2, so erhält man das M. G. des Natriums, welches auch in seinen chemischen Eigenschaften gleichsam zwischen beiden steht. — Eben so gibt die Summe der M. G. des Calciums und Baryums, durch 2 dividirt, das M. G. des Strontiums, welches wieder in seinen chemischen Eigenschaften zwischen beiden steht; in einem gleichen Verhältnisse stehen die Zahlen der M. G. von Chlor, Brom und Jod. Es scheint also, daß die Mischungsgewichte mit dem innern Wesen der Körper in genauer Beziehung stehen. — Bei festen Körpern fand Meineke einen Zusammenhang zwischen dem M. G., dem specif. Gewichte und der Cohäsion der Körper. — Nimmt man Sauerstoff als 1 an, so ist das M. G. und das specif. Gewicht, wo Wasser als 1 genommen wird, bei Körpern von mittlerer Cohärenz fast gleich. Bei wenig cohärenten Körpern ist das M. G. größer, und bei sehr cohärenten kleiner, als das specif. Gewicht. In weit bestimmterem und sehr einfachem Verhältniß steht aber das Mischungsgewicht mit dem specif. Gewichte, wenn sich die Körper in dem ausdehnsamen Zustande, in Dampf- oder Gasform, befinden. Nimmt man das Mischungsgewicht und specif. Gewicht des Wasserstoffs = 1 an, so ist das specif. Gewicht der Gas- und Dampfarten entweder das Doppelte, oder das Einfache, oder die Hälfte ihres Mischungsgewichtes z. B.

Specif. Gewicht des Wasserstoffs = 1.					Mischungsgewicht des Wasserstoffs = 1.		
Spec.	Gew.	des	Sauerstoffs	16	Mischungsgewicht		8
—	—	—	Wasserstoffs	1	—	—	1
—	—	—	Stickstoffs	14	—	—	14
—	—	—	salzs Gases	18,5	—	—	37
—	—	—	Ammoniakgases	8,5	—	—	17.

Da die Mischungsgewichte der Gas- und Dampfarten in so einfachen Verhältnissen zu ihrem specif. Gewichte stehen, so müssen sich die Körper überhaupt in ihrem ausdehnsamen Zustande in sehr einfachen Raumverhältnissen chemisch vereinigen, welches Gay-Lussac zuerst beobachtete. Sie verbinden sich auch nur in einem Verhältniß von 1 Maß zu $\frac{1}{2}$ Maß oder zu 1 Maß, ferner zu $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3, $3\frac{1}{2}$ und 4 Maßen. Z. B. 1 Maß Stickgas verbindet sich mit $\frac{1}{2}$ Maß Sauerstoffgas zu Stickoxydul, mit 1 Maß Sauerstoffgas zu Stickoxyd, mit $1\frac{1}{2}$ Maß zu untersalpetrichter Säure, mit 2 Maß zu salpetrichter Säure, mit $2\frac{1}{2}$ Maß zu Salpetersäure.

Gewöhnlich gehen bei der chemischen Verbindung Veränderungen in der Dichte vor, indem meistens Vermehrung der Dichte, oder w. d. Volumensverminderung stattfindet. Hierbei zeigen die ausdehnsamen Flüssigkeiten wieder ein einfaches Verhältniß. Entweder es tritt keine Volumenänderung ein und dann ist die Dichte der Mischung genau das Mittel der specif. Gewichte der in Verbindung getretenen Stoffe, (so z. B. bilden 1 Maß Wasserstoff und 1 Maß Chlor 2 Maß Salzsäure); oder das Volumen wird um $\frac{1}{3}$ vermindert, wenn 1 Maß mit 2 Maß sich verbindet, (so z. B. bildet 1 Maß Sauerstoff mit 2 Maß Wasserstoff 2 Maß Wasserdampf); oder es wird um $\frac{1}{2}$ vermindert bei Verbindung von gleichen Maßen oder 1 und 3 Maßen, (1 Maß Stickgas und 3 Maß Wasserstoffgas bilden 2 Maß Ammoniakgas). Vergl. d. Art. Specifisches Gewicht. Bei festen und tropfbar flüssigen Körpern tritt ebenfalls in der Regel Verdichtung ein, indeß scheint das specif. Gewicht der Mischung in keinem bestimmten Verhältnisse zum specif. Gewichte der Bestandtheile zu stehen. Die Dichte der Mischung ist bisweilen auch geringer als das Mittel von den Dichtigkeiten der Bestandtheile. In Bezug auf den Aggregationszustand der Mischungen gegen die Bestandtheile treten verschiedene Variationen (— bei gewöhnlicher Temperatur) auf: Zwei feste Körper geben eine feste Verbindung (z. B. Schwefel und Eisen), oder eine tropfbar flüssige Verbindung (z. B. Salz und Eis); ein fester und ein tropfbar flüssiger Körper geben eine feste Verbindung (z. B. Kalk und Wasser), oder eine tropfbar flüssige Verbindung (Salz und Wasser); zwei tropfbar flüssige Körper bilden eine feste Verbindung (doppelt Chlorzinn und wenig Wasser), oder eine tropfbar flüssige (Wasser und Weingeist); feste oder tropfbar flüssige und ausdehnsam flüssige geben entweder feste Verbindungen (Sauerstoffgas und Eisen, kohlensaures Gas und concentrirte Kalilösung), oder tropfbar flüssige (Chlorgas und Zinn, Wasser und salzsaures Gas), oder ausdehnsam flüssige (Sauerstoffgas und Kohle). Eine ausdehnsam flüssige Verbindung kann nur dann zu Stande kommen, wenn wenigstens Ein Bestandtheil ausdehnsam flüssig ist. Zwei ausdehnsam flüssige Körper geben entweder feste Verbindungen (Ammoniakgas und salzsaures Gas), oder tropfbar flüssige (Sauerstoffgas und Wasserstoffgas), oder ausdehnsam flüssige (Chlorgas und Wasserstoffgas). Die Krystallform der Mischung weicht häufig von der Krystallform der Bestandtheile ab. Doch bilden verschiedenartige Körper von gleicher Krystallform, wenn sie sich mit einem andern zu krystallisirbaren Verbindun-

gen vereinigen, gleiche Krystalle, wenn das Verhältniß der Zahl der Mischungsgewichte in den Verbindungen dasselbe ist. Dieß gilt von einfachen und zusammengesetzten Körpern. — Mitscherlich verdanken wir die Kenntniß dieses Gesetzes. Er nennt die Körper, welche sich so ersetzen können, ohne daß die Krystallform abgeändert wird, isomorphe. So haben wahrscheinlich Schwefel, Selen, Chrom und Mangan gleiche Krystallform. Alle nehmen nämlich, um Säure zu bilden, 3 M. G. Sauerstoff auf, und ihre Salze sind isomorph. Deßgleichen Calcium und Baryum, da sich ihre Oxyde ersetzen können, ohne Abänderung der Krystallform, Harmotom u. s. w. — Eine weitere Ausdehnung erhält die Lehre des Isomorphismus dadurch, daß zwei Körper oder Verbindungen, einen oder eine Verbindung ersetzen können. So z. B. ist schwefelsaures Ammoniak, das 1 M. G. Wasser enthält, mit dem wasserleeren einfach schwefelsauren Kali isomorph, dieses 1 M. G. Wasser haltende schwefelsaure Ammoniak geht mit andern schwefelsauren Salzen Verbindungen ein, die mit den analogen Kalisalzen isomorph sind, so daß also Ammoniak in Verbindung mit 1 M. G. Wasser das wasserleere Kali ersetzt u. s. w. So wie nun aber verschiedenartige Körper einander ersetzen können, ohne daß die Gestalt der Producte abgeändert wird; so gibt es umgekehrt chemische Verbindungen, die qualitativ und quantitativ völlig gleich zusammengesetzt sind und dennoch zum Theil höchst verschiedene Eigenschaften besitzen. Erst in neuesten Zeiten ist man mehr auf diese Verbindungen aufmerksam geworden, von denen man zwar früher schon einige kannte, aber sie nicht gehörig würdigte. Besonders haben Berzelius, Liebig und Wöhler höchst interessante hierher gehörige Thatsachen bekannt gemacht. Berzelius nennt diese Art chemischer Verbindungen isomere (früher heteromorphe). Der Begriff von isomeren Körpern setzt aber nicht blos gleiche procentische Zusammensetzung, sondern auch gleiches Mischungsgewicht voraus. Dahin gehören ungeglühte und geglühte Phosphorsäure, die zweierlei Zinnoxyde, Cyan- und Knallsäure, Cyanursäure und unlösliche Cyanursäure, cyansaures Ammoniak und Harnstoff, Weinsäure und Traubensäure u. A. — Andere Körper haben gleiche procentische Zusammensetzung, sind aber ungleich verdichtet bei derselben Temperatur, z. B. ölbildendes Gas, dampfförmiger Kohlenwasserstoff und Paraffin, oder haben ungleiches Mischungsgewicht, wie Cyansäurehydrat und Cyanursäure u. s. w. — Hinsichtlich der Lichtverhältnisse lehrt die Erfahrung, daß undurchsichtige Körper immer undurchsichtige, und durchsichtige Körper immer durchsichtige Verbindungen liefern. Undurchsichtige Körper liefern mit durchsichtigen bald undurchsichtige Verbindungen, bald durchsichtige.

Volumen, (lat. d. h.) Inhalt, Rauminhalt, bezeichnet die Größe des Raumes, welchen ein Körper (oder vielmehr seine Masse, s. d. Art.) einnimmt. Dabei ist auf die materielle Beschaffenheit des Inhaltes keine Rücksicht genommen und zwei Körper von gleichem Volumen können dennoch sehr verschieden sein, namentlich kann der eine bei weitem dichter als der andere sein. Je mehr ein Körper wiegt als ein anderer, der gleiches Volumen mit ihm hat, desto dichter ist

er. S. d. Art. Dichte und Specifisches Gewicht. Kennt man das Gewicht, welches ein Körper gemäß seiner materiellen Beschaffenheit bei einem gewissen Volumen besitzt, so läßt sich aus dem Gewichte desselben sein Volumen berechnen. Wiegt z. B. eine gewisse Masse n Pfund und wissen wir, daß 1 Cub. F. desselben Körpers m Pfund wiegt, so ist das Volumen der vorliegenden Masse $\frac{n}{m}$ Cub. F.

Vorrücken oder (lat.) Präcession der Nachtgleichen heißt das jährlich nahe 50'' betragende Rückwärtsgehen (von Ost gegen West) des Frühlingspunktes (s. d. Art. Nachtgleichen), oder w. d., weil die Länge der Sterne in Bezug auf den Frühlingspunkt bestimmt wird, die eben so große Veränderung in den Längen der Fixsterne. Die Schiefe der Ekliptik (s. d. Art.) verändert sich nur wenig, und man kann sich dieselbe, wenigstens für eine Zeit, als unverändert vorstellen, während welcher die Nachtgleichenpunkte (denn mit dem Frühlingspunkte verändert natürlich auch der Herbstpunkt seine Stelle,) schon merklich ihre Stelle verändert haben. Daher kann man sich das Vorrücken der Nachtgleichen so vorstellen, daß der Aequator die Ekliptik unter einem bestimmten Winkel (der Schiefe der Ekliptik) unveränderlich schneidet, aber sich dabei so bewegt, daß die Durchschnittspunkte beider Kreise allmählig alle mögliche Stellungen in der Peripherie der Ekliptik einnehmen. Faßt man die Vorstellung des sich unter gleichbleibender Neigung bewegenden Aequators scharf auf, und denkt sich noch die in die Pole auslaufenden senkrecht auf den beiden Ebenen stehenden Axen, so übersieht man leicht, wie die Bewegung des Aequators zur Folge haben muß, als beschriebe der Pol des Aequators einen Kreis um den Pol der Ekliptik, dessen Halbmesser durch die Schiefe der Ekliptik gegeben ist. Schon Hipparch (130 v. Chr.) hat bemerkt, daß sich die Länge der Sterne um 50, 2113 Sec. jährlich verändern. Diese Veränderung beträgt in einem Jahrhundert schon 1,3947 Grad (seit Hipparch fast $27\frac{1}{2}$ Grad) und sie ist der Grund, daß gegenwärtig der Frühlingspunkt nicht einmal mehr in demselben Zeichen sich befindet, in welchem er beim Einführen der astronomischen Ausdrücke lag, so daß die Zeichen und die Sternbilder des Thierkreises nicht mehr zusammenstimmen. S. d. Art. Thierkreis. Nimmt man an, (was jedoch nicht genau richtig ist), daß das Vorrücken der Nachtgleichen genau jährlich 50,21 Sec. $= 0^{\circ},013947$ beträgt, so folgt daraus, daß der Pol des Aequators in 25812 Jahren einmal seinen Umlauf um den Pol der Ekliptik beenden muß. Diese Periode hat man das große oder platonische Jahr genannt. *) Durch genauere Beobachtungen hat man ge-

*) In Bezug auf den Polarstern macht Littrow folgende interessante Bemerkung: „Die Benennung des Polarsternes trägt gegenwärtig der Stern a im kleinen Bären, dessen Rectascension nahe 15° und dessen Abstand von dem Pole des Aequators 1° 30′ ist. Dieser Abstand wird in den nächsten Jahrhunderten noch kleiner werden, weil wegen der Präcession der Pol N

funden, daß die angegebene Kreisbewegung, welche der Pol des Aequators beschreibt, die Bewegung desselben nur im Großen angibt. Allerdings kehrt er immer wieder in jenen Kreis zurück, aber er nähert sich zuweilen dem Mittelpunkte, bald entfernt er sich wieder etwas davon. Zuweilen findet sogar durch einige Jahre ein Vorwärtsschreiten statt. Die erwähnte Annäherung und Entfernung kann bis auf neun, und das Vorwärtsschreiten auf 18 Secunden betragen. Diese beiden Unregelmäßigkeiten haben eine Periode von 19 Jahren, worauf sie in derselben Ordnung wiederkehren. Man nennt sie die Nutation oder das Wanken der Erde und kann sich von derselben eine Vorstellung machen, wenn man den Pol des Aequators innerhalb 19 Jahren in der Peripherie einer kleinen Ellipse herumführt, deren Mittelpunkt auf dem Kreise um den Pol der Ekliptik jährlich 50,21 Sec. rückwärts geht, und deren große Axe gegen den Pol der Ekliptik gerichtet ist. Noch eine kleine Veränderung in der Beschreibung dieser Ellipse hat eine halbjährige Periode. Eine Folge der auf die angegebene Weise zusammengesetzten Bewegung des Poles ist eine fortwährende Veränderung der Länge, der Rectascension und der Declination der Fixsterne bei immer gleichbleibender Breite derselben. Am Ende jeder Periode von 19 Jahren verschwinden die Unregelmäßigkeiten der Nutation, während die der Präcession durch die Jahrhunderte fortgehn. Die Aenderungen in der Lage der Fixsterne sind mit Sorgfalt bestimmt und in Tafeln verzeichnet worden.

Der Grund des Vorrückens der Nachtgleichen und des Wankens der Erdaxe liegt in der sphäroidischen (an den Polen abgeplatteten, um den Aequator angeschwellten) Gestalt der Erde, und der Anziehung, welche demgemäß die übrigen Himmelskörper, namentlich Sonne und Mond gegen die Erde ausüben. Die Anziehung eines äußeren Körpers zieht ein Sphäroid nicht nur nach sich, sondern, da die Kraft sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, so giebt sie ihm eine Bewe-

des Aequators (Fig. 395.) sich diesem Sterne immer mehr nähert. Im Jahre 2100 aber wird dieser Pol am nächsten bei ihm sein, und dann nur mehr 28 Minuten von ihm abstehen. Nach dieser Zeit wird der Pol N sich wieder von ihm entfernen, um sich anderen Sternen zu nähern, die dann einen größern Anspruch auf die Benennung des Polarsterns machen werden. Auch war jener Stern zur Zeit Hipparchs noch gegen 12 Grade von dem Pole N entfernt und verdiente daher damals diesen Namen noch gar nicht. Um diejenigen Sterne zu finden, denen in verschiedenen Epochen der Pol des Aequators am nächsten steht, wird man auf einer Sternkarte um den Pol der Ekliptik einen Kreis mit dem Halbmesser von 23° 28′ ziehen und dadurch die Sterne angeben, durch welche dieser Kreis geht. Genauer noch wird man für die verschiedenen Epochen die Halbmesser dieser Kreise dahin verändern, daß sie die Schiefe der Ekliptik für jene Epochen vorstellen. Auf diese Weise findet man, daß gegen das Jahr 2700 vor Chr. der Stern a im Drachen der Polarstern war, und daß im Jahre 4100 nach Chr. der Stern j Cephei, dann a Cephei und endlich gegen das Jahr 14000 nach Chr. a Cygni oder Deneb im Schwan auf diese Benennung Anspruch machen wird.“

gung um seinen Schwerpunkt, es sei denn, daß der anziehende Körper in der Verlängerung der Axen des Sphäroides liege. Die Ebene des Aequators ist gegen die Ebene der Ekliptik um einen Winkel von 23° 27′ 39″, 26 geneigt, und die Neigung der Mondbahn gegen dieselbe ist 5° 8′ 47″, 9. Folglich drängen wegen der abgeplatteten Figur der Erde, Sonne und Mond, indem sie schief und ungleich auf verschiedene Theile des Erdsphäroides wirken, die Ebene des Aequators aus ihrer Richtung, und zwingen sie, sich von Osten nach Westen zu bewegen, so daß die Aequinoctialpunkte in der Ebene der Ekliptik eine langsame zurückschreitende Bewegung von 50″, 41 jährlich haben. Das directe Bestreben dieser Wirkung ist, die Ebene des Aequators und der Ekliptik zusammenfallen zu machen, aber es wird durch das Bestreben der Erde ausgeglichen, zu der beständigen Umdrehung um den polaren Durchmesser, der eine ihrer Hauptumdrehungsaxen ist, zurückzukehren. Daher bleibt die Neigung der beiden Ebenen constant, wie ein Kreisel dieselbe Neigung gegen die Ebene des Horizontes behält. Wäre die Erde kugelförmig, so würde diese Wirkung nicht hervorgebracht, und die Aequinoctien würden stets in denselben Punkten der Ekliptik bleiben, wenigstens so weit, als es diese Art von Bewegung betrifft. Aber eine andere und gänzlich verschiedene Ursache ist: diese Wirkung der Planeten auf einander und auf die Sonne verursacht eine sehr geringe Aenderung in der Lage der Ebene der Ekliptik, welche ihre Neigung gegen die Ebene des Aequators afficirt, und gibt den Aequinoctialpunkten eine geringe, aber directe Bewegung von 0″,31 jährlich in der Ekliptik, welche gänzlich unabhängig von der Gestalt der Erde ist, und dieselbe sein würde, wenn sie eine Kugel wäre. So machen Sonne und Mond, indem sie die Ebene des Aequators bewegen, daß die Aequinoctialpunkte in der Ekliptik rückwärts gehen; und die Planeten geben ihnen, indem sie die Ebene der Ekliptik bewegen, eine directe Bewegung, obgleich eine viel geringere, als die vorige. Folglich ist der Unterschied dieser beiden die mittlere Präcession, die, wie Theorie und Beobachtung erweisen, etwa 50″,1 *) jährlich ist. — Da die Bewegung der Son-

*) Es mögen p ♈ Q und E ♈ e, (Fig. 396.), die Ebenen des Aequators und der Ekliptik sein. Der Winkel e ♈ Q, welcher sie trennt, die sogenannte Schiefe der Ekliptik, ändert sich in Folge der Wirkung der Sonne und des Mondes auf die hervorragende Masse um den Erdäquator. Diese Wirkung führt den Punkt Q gegen e, und strebt, die Ebene q ♈ Q mit der Ekliptik E ♈ e zusammen fallen zu machen, wodurch die Aequinoctialpunkte ♈ und ♎ sich langsam in der Ebene e ♈ E, um 50″, 41 jährlich, rückwärts bewegen. Dieser Theil der Bewegung, welcher von der Gestalt der Erde abhängt, heißt die lunisolare Präcession. Ein anderer, gänzlich von der Gestalt der Erde unabhängiger, Theil rührt von der gegenseitigen Wirkung der Erde, der Planeten und der Sonne her, welche, indem sie die Lage der Ebene der Ekliptik e ♈ E ändert, bewirkt, daß die Aequinoctialpunkte ♈ und ♎ um 0″, 31 jährlich vorrücken; aber da diese Bewegung weit geringfügiger als die vorige ist, so gehen die Aequinoctialpunkte in der Ebene jährlich um 50″,1 zurück.

ne vorwärts, und die der Aequinoctialpunkte rückwärts ist, so braucht jene eine längere Zeit, um nach dem Aequator zurück zu kommen, als nach denselben Sternen, so daß das tropische Jahr von 365 Tagen 5 Stunden 48 Min. 49,2 Sec. vergrößert werden muß, und zwar um die Zeit, welche sie braucht, um einen Bogen von 50'',1 zu durchlaufen, damit man die Länge des Sternjahres habe. Die dazu erforderliche Zeit ist 20 Min. 20,4 Sec., so daß das Sternjahr 365 Tage 6 Stund. 9 Min. 9,6 Sec. mittlere Sonnentage enthält. — Die mittlere jährliche Präcession ist einer seculären Aenderung unterworfen; denn obgleich die Aenderung in der Ebene der Ekliptik, in welcher die Sonnenbahn liegt, unabhängig von der Gestalt der Erde ist, so ändert sie doch, indem sie Sonne, Mond und Erde in verschiedene relative Stellungen bringt, von Jahrhundert zu Jahrhundert die directe Wirkung der beiden ersten auf die hervorragende Masse um den Aequator; deßhalb ist die Bewegung der Aequinoctien jetzt um 0'',455 größer, als sie es zu Hipparchs Zeiten war. Folglich ist die gegenwärtige Länge des tropischen Jahres um etwa 4,21 Sec. kürzer, als sie es zu jener Zeit war. Die äußerste Aenderung, welche es durch diese Ursache erleiden kann, beläuft sich auf 43 Secunden. Die Nutation hängt von der relativen Stellung der Sonne und des Mondes gegen die Erde ab. Es mögen q V Q, e V E, Fig. 397. die Ebene des Aequators und der Ekliptik sein, p, P ihre Pole. Dann nehmen wir an, p, der Pol des Aequators, bewege sich mit einer zitternden oder wellenförmigen Bewegung in der kleinen Ellipse p c d b in etwa 19 Jahren herum, während der Punkt a in 25868 Jahren im Kreise a A B herumgeführt wird. Die zitternde Bewegung kann die halbjährige Aenderung vorstellen, die Bewegung in der Ellipse einen Begriff von der durch Bradley entdeckten Nutation geben, und die Bewegung in dem Kreise a A B rührt von dem Vorrücken der Aequinoctien her. Die große Axe p d der kleinen Ellipse beträgt 18'',5, ihre kleine Axe b c 13'',74. Diese Bewegungen sind so gering, daß sie nur eine sehr kleine Wirkung auf den Parallelismus der Axe der Erdumdrehung während ihres Laufes um die Sonne haben. — Die Nutation in der Erdaxe afficirt sowohl die Präcession als die Schiefe mit geringen periodischen Aenderungen. Aber in Folge der seculären Aenderung in der Lage der Erdbahn, welche hauptsächlich der störenden Kraft des Jupiter auf die Erde zugeschrieben werden muß, wird die Schiefe der Ekliptik jährlich, nach Bessel, um 0'',457 vermindert. Diese Aenderung kann sich im Laufe von Jahrhunderten auf 10 oder 11° belaufen; aber die Schiefe der Ekliptik gegen den Aequator kann sich nie um mehr als 2° 42' oder 3° verändern, da der Aequator in gewissem Maße der Bewegung der Ekliptik folgen wird. — Vergl. d. Art. Schiefe der Ekliptik.

W.

Wärme. Es wird dieses Wort in doppelter Bedeutung angewendet, einmal um die Empfindung, welche durch Berührung oder Annäherung an in gewissen Zuständen befindliche Körper hervorgebracht wird, und dann um die physische Kraft oder den objectiven Grund jener Empfindung zu bezeichnen. Die Wärme wirkt nicht bloß auf unser Gefühl, sondern überhaupt auf alle Körper, und bringt in ihnen mehr oder weniger Aenderungen hervor. Sie dehnt fast alle Körper aus, und vergrößert ihr Volumen, (s. d. Art. Ausdehnung); auch verändert sie den Aggregatszustand vieler Körper, indem sie starre und flüssige, und diese wie jene in gasförmige verwandelt. Wärme in großer Anhäufung oder von großer Intensität heißt Hitze, während Kälte der relative Gegensatz der Wärme ist. Ein Körper ist nicht absolut warm oder kalt, und wir können einen und denselben zugleich kalt und warm nennen, je nach der Empfindung, die er in uns erregt, d. h. je nachdem er mehr warm oder weniger warm als unser Körper ist. Ist das erste der Fall, so pflegen wir ihn warm zu nennen, während er im zweiten Falle kalt heißt. So wird man einmal ein Zimmer heiß finden, und ein ander Mal, obwohl es ganz dieselbe Temperatur hat, kalt, weil der Eindruck auf unsern Körper ein anderer ist. Ja tauche man eine Hand zuvor in kaltes, die andere aber in warmes Wasser, und dann beide in laues: so wird man letzteres in demselben Augenblick für warm nach der Empfindung der vorher erkälteten Hand, und für kalt nach dem Eindruck auf die zuvor erwärmte Hand halten. Wir bedürfen deßhalb, um die Wärme der Gegenstände zu bestimmen, anderer, immer dieselbe Sprache redender Instrumente, da, wie wir eben sahen, unser Körper nicht ausreicht; diese sind angegeben unter dem Artikel Thermometer (und Pyrometer), und beruhen fast alle auf der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung der Körper.

Wie aber die Ausdehnung der Körper durch diese Kraft verschieden ist, so ist auch die Geschwindigkeit verschieden, mit welcher die Wärme von einem Theile eines Körpers in einen andern Theil desselben, oder auch von einem Körper in einen andern übergeht. Die Metalle sind wie für Elektricität, so auch für die Wärme die besten Leiter, und alle festen Körper leiten immer noch besser als flüssige, und diese noch besser als gasförmige. Aber selbst unter den Metallen herrscht ein großer Unterschied, indem nach Despretz das Leitungsvermögen sich verhält wie die beigesetzten Zahlen:

Gold . .	1000	Zinn . . .	304
Silber .	973	Blei . . .	180
Platina .	981	Marmor .	24
Kupfer .	898	Porcellan .	12
Eisen . .	374	Ziegelmasse	11
Zink . .	363		

Er gelangte zu diesen Resultaten, indem er gleiche Prismen aus den untersuchten Körpern machen ließ, diese, um ihnen ein gleiches Strahlungsvermögen zu ertheilen (s. unten), mit einer Schicht schwarzen Firnisses überzog, und an verschiedenen Punkten mit bis zur Mitte des Körpers reichenden Löchern versah, welche mit Quecksilber oder Oel gefüllt zur Aufnahme der Thermometer dienten. Er erhitzte diese Prismen mittels Lampen, die so gestellt waren, daß das der Wärmequelle nächste Thermometer stets eine bestimmte Temperatur angab. Wenn die Thermometer einen festen Stand erreicht hatten, so konnte man aus den angezeigten Graden und der Temperatur der Luft die Verhältnisse der Leitungsfähigkeit berechnen. — Um auf eine einfache Weise die Ungleichheit in der Leitungsfähigkeit der Körper darzuthun, kann man den Versuch von Franklin und Inghenhouß wiederholen, welche gleich dünne und gleich lange, sehr gleichförmig mit Wachs überzogene Metallcylinder mit dem einen Ende in ein Gefäß voll siedenden Wassers oder Leinöls tauchten, und nach der größern oder geringern Entfernung von der Wärmequelle, in welcher das Wachs noch geschmolzen war, die Folge der Leiter vom besten an so bestimmten: Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Eisen, Stahl, Blei. — Holz leitet viel schlechter als die Metalle, und die Größe der Leitungsfähigkeit einzelner Holzarten nimmt in folgender Ordnung nach La Rive nnd Decandolle ab:

1. Crataegus area	4. Fichte	7. Eiche
2. Nußbaum	5. Pappel	8. Pappel
3. Eiche	6. Nußbaum	9. Kork,

von denen 1 — 5 nach der Richtung der Fasern, 6 — 8 aber nach der darauf senkrechten geschnitten waren. — Zu den allerschlechtesten Leitern gehören aber Glas und besonders Kohle; überhaupt auch alle Körper, welche aus dünnen Fäden oder Schichten bestehen. Deßhalb macht man an metallene Kochgefäße hölzerne Griffe, umwindet im Winter die Bäume mit Stroh, um sie gegen Kälte zu schützen u. s. w.

Noch schlechtere Leiter als die festen Körper sind aber die Flüssigkeiten, deren Leitungsfähigkeit Rumford sogar ganz ableugnen wollte. Werden Flüssigkeiten in einem Gefäße von unten erhitzt, so rührt die Erwärmung der ganzen Masse von dem in der Flüssigkeit entstehenden Strömen und dem hiedurch bewirkten Begegnen kalter und warmer Wassertheilchen her. Durch die Ausdehnung mittels der Wärme werden nämlich die untern Theile specifisch leichter als die oberen kältern und steigen folglich hinauf, während die kältern sich senken. Man kann diese Bewegung sichtbar machen durch Bestreuung des Wassers mit Körpern, die fast gleiches specifisches Gewicht mit ihm haben und deßhalb leicht an seinen Bewegungen theilnehmen. Solche sind z. B. Bernstein, nach Rumfords Angabe, oder Sägespähne von Eichen- und Buchsbaumholz. Wird die Flüssigkeit unten erwärmt, so wird sie in der Mitte aufwärts steigen, und an den Wänden des Gefäßes hinabsinken. Fig. 398. die sich begegnenden Wassertheilchen theilen einander ihre Wärme mit, was nicht geschehen kann, wenn man die Flüs-

sigkeit von oben erhitzt, wo jeder Theil die seinem specifischen Gewicht zukommende Lage eingenommen hat. Uebergießt man die Flüssigkeit in einem Gefäße, in dessen Wand nahe am obern Rande (oder dem Niveau der Flüssigkeit) man ein Thermometer horizontal befestigt hat, so daß die Scale außerhalb des Gefäßes ist, mit Weingeist oder Aether, so wird das Thermometer nur sehr wenig steigen, obwohl es blos durch eine dünne Schicht von Flüssigkeit von der Flamme getrennt war. Und ein großer Theil dieser Temperaturerhöhung möchte auch noch auf die von der Wand des Gefäßes mitgetheilte Wärme kommen.

Die Gase, welche noch beweglicher sind als die Flüssigkeiten, werden um so mehr noch die Bewegung und dadurch bewirkte Mittheilung begünstigen, aber eben dadurch die Wärmeleitungsfähigkeit factisch nachzuweisen, im höchsten Grade erschweren. Indeß deuten alle Versuche darauf hin, daß doch noch eine wenn auch schwache Mittheilung der Wärme von einem Theil zum andern in ruhigen Schichten der Gasart stattfindet.

Ueber Abkühlung sind von Dulong und Petit die genauesten Versuche angestellt worden, indem sie ein bis zu einer gewissen Temperatur erhitztes Thermometer schnell in einen Ballon von Kupfer brachten, der zur Vermeidung der Strahlung innerlich mit Lampenruß überzogen war und sich in einem Wasserbade von bestimmter Temperatur befand. Auch bestimmten sie die durch Strahlung verlorne Wärmemenge abgesondert von der durch Mittheilung. Sie erhielten dabei folgende Resultate, die Baumgartner in seiner Physik kurz so zusammen stellt: 1) Nicht alle Körper erkalten gleich schnell, selbst wenn sie eine gleiche Form, Größe und Oberfläche haben. 2) Die Erkaltung in der Luft geht desto schneller vor sich, je größer der Temperaturunterschied zwischen dem erkaltenden Körper und seiner Umgebung ist; doch stehen die Erkaltungsgeschwindigkeiten nicht, wie Newton meinte, im geraden Verhältnisse mit den Temperaturunterschieden, nähern sich aber diesem Verhältnisse desto mehr, je geringer der genannte Unterschied ist. 3) Im leeren Raume von beständiger Temperatur läßt sich die Erkaltungsgeschwindigkeit v durch die Formel $v = M (a^t - 1)$ ausdrücken, wo t die Temperaturdifferenz zwischen dem Erkaltungsorte und dem erkaltenden Körper, M und a beständige Größen sind, von denen $a = 1,0077$ ist. Die Erkaltungsgeschwindigkeit nimmt daher ab, wie die Glieder einer geometrischen Progression, vermindert um eine beständige Größe, während die Temperaturüberschüsse eine arithmetische Reihe darstellen. 4) Die Erkaltung, welche ein Gas für sich, abgesehen von der Ausstrahlung, bewirkt, ist völlig unabhängig von der Beschaffenheit der Oberfläche der Körper und hängt bloß von der Temperaturdifferenz zwischen dem Gase und dem erkaltenden Körper und von der Spannkraft des Gases ab. Diese Erkaltungsgeschwindigkeit v′ läßt sich durch die Formel $v' = m\,t^b$ ausdrücken, in welcher t die Temperaturdifferenz, $b = 1,233$ bedeutet, m aber eine Größe ist, welche von der Natur des Gases und von den Dimensionen des erkaltenden Körpers abhängt. Es ändert sich daher v′ in einer geometrischen Progression, wenn die Tem-

peraturüberschüsse auch eine geometrische bilden. Die gesammte Abkühlung wird demnach durch $M(a^t - 1) + m\,t^b$ ausgedrückt.

Merkwürdig sind hier noch die Versuche von Rudberg, daß eine Legirung aus 2 Metallen, die über den Schmelzpunkt erhitzt ist, anstatt gleichförmig zu erkalten, vielmehr bei zwei Temperaturgraden einen eine Zeit lang stationären Zustand zeigt. Er sucht den Grund darin, daß zwischen einem bestimmten Antheil des einen Metalls und des andern eine chemische Legirung sich bilde, die nun mit dem Ueberschusse des einen Metalls mechanisch gemengt sei. Fehle dieser Ueberschuß des einen Metalls, so würde die Abkühlung stets gleichmäßig sein bis zu dem Punkte ihrer Erstarrung. Ist aber ein Ueberschuß des einen Metalls vorhanden, so wird in ihm die chemische Legirung fest werden, und dabei ihre latente Wärme frei werden lassen, wodurch das Verweilen des Thermometers auf einem Punkte oberhalb der Erstarrungstemperatur des Gemisches bewirkt wird.

Eine ähnliche Erklärungsweise hat man auf die von der Abkühlung gewöhnlichen Wassers verschiedene Abkühlung mineralischer Wasser angewendet, indem an gewissen Temperaturgraden durch Umbildung der in diesen Wassern enthaltenen Salze die Abkühlung verzögert wird. — Erman sucht die Erscheinungen in Rudbergs Versuchen abhängig zu machen von dem Eintritt der größten Dichtigkeit, indem er beobachtete, daß auch bei Wasser eine Stockung an dem Punkte der größten Dichtigkeit eintritt. Er beobachtete folgende Erkältungszeiten:

von	6°,0	bis	5°,5 R.	—	50''
—	5,5	—	5,0	—	55
—	5,0	—	4,5	—	50
—	4,5	—	4,0	—	50
—	4,0	—	3,5	—	65
—	3,5	—	3,0	—	198
—	3,0	—	2,5	—	60
—	2,5	—	2,0	—	70.

Daß die Wärme nicht bloß durch die Leitungsfähigkeit der Körper von einem zu dem andern gelange, sondern auch ausstrahle, eben so wie das Licht nach allen Seiten, und auch geradlinig, wie dieses, wußte man längst. Denn nähert man einem erhitzten Metall, oder einem mit heißem Wasser gefüllten Gefäß ein Differentialthermometer (s. d. Art.), dessen eine Kugel aber durch einen undurchsichtigen Schirm geschützt ist, so wird die unbedeckte Kugel erwärmt, und die Flüssigkeit in ihr hinabsinken. Da aber der Schirm die andre Kugel gänzlich schützt, wenn er grade zwischen dem erhitzten Körper und dieser Kugel steht, so folgt offenbar hieraus, daß die Ausstrahlung der Wärme eine geradlinige sei. Die neusten wichtigsten Entdeckungen in dem Gebiete der strahlenden Wärme sind von Melloni gemacht, und es wird am besten sein, von diesen Versuchen einen kurzen Abriß zu geben, und ältere schon vorhandene Thatsachen nebenbei anzuführen. Vor allem ist es dabei aber nöthig, erst die Art und Weise darzulegen, welche Melloni bei allen seinen Versuchen befolgte. Er wandte nicht eines der gewöhnlichen

Thermometer an, denn diese würden bei seinen feinen Versuchen ihn fast stets verlassen haben, sondern eine thermoelektrische Säule. Fig. 399. stellt seinen Apparat dar. MM′ ist ein Tisch, auf dem in einer Ruthe RR′ die darauf sichtbaren Gegenstände verschoben werden können, um die gegenseitigen Entfernungen zu verändern. Als Wärmequelle bedient er sich entweder einer Locatellischen Lampe, d. h. einer Oellampe mit quadratischem Docht, und einem Reflector, aber ohne Glasschornstein (Fig. 400.), oder einer Platinspirale, die über einer Weingeistlampe hängend glühend bleibt, nachdem die Lampe ausgeblasen (s. d. Art. Verbrennung). (Fig. 401.), oder eines über derselben Lampe bis auf 400° erhitzten Kupferblechs (Fig. 402.), oder eines Gefäßes mit siedendem Wasser. Diese werden auf das verschiebbare Stativ S′ gesetzt, während der Schirm E″, der sich nach der Seite zurückschlagen läßt, dazu dient, um die Wärmestrahlen vor dem Versuch von der thermoelektrischen Säule abzuhalten. Im Schirm E′ ist ziemlich unten eine Oeffnung angebracht, O, um stets eine bestimmte Menge Wärmestrahlen durchzulassen, und auf dem Schirm S werden die Körper befestigt, durch welche die Wärmestrahlen hindurchgehen sollen. Weiterhin befindet sich ein Stativ, worauf in einem Rohre P die thermoelektrische Säule mit Charnieren befestigt ist. Sie besteht aus Stäbchen von Wismuth und Antimon, deren Anzahl z. B. bei dem für die polytechnische Schule in Paris angefertigten Apparate 50 beträgt, und der Durchschnitt der Säule ist bei einer Länge der Stäbchen von 27 bis 28 Millimeter nicht mehr als zwei Quadratcentimeter. Das erste und letzte Stäbchen sind durch die Drähte FF′ mit dem sehr empfindlichen Galvanometer G verbunden. Man berechnet dann die Intensität der Wärmestrahlung aus dem Ausschlage der Magnetnadel, welche durch den, vermöge ungleicher Erwärmung der Verbindungsstelle von Antimon und Wismuth entstehenden elektrischen Strom abgelenkt wird. *) Die elektrische Säule geht durch einen Kupferring, der inwendig mit Pappe bekleidet ist. Zu beiden Seiten des Ringes ist ein sechs Centimeter langes inwendig geschwärztes Rohr angebracht. Hinter ihr befindet sich noch ein Schirm E, um, wenn die Röhre hinten offen ist, sie vor dem Einflusse aller äußeren Strahlungen zu schützen. Es ist aber fast bei allen Versuchen nöthig, daß die Röhre offen sei, damit die Luft mit beiden Enden der Säule in Verbindung stehe, und ihre etwaigen Temperaturveränderungen keinen Einfluß auf das Instrument ausüben. — Um einen Begriff zu geben von der Empfindlichkeit eines solchen Instruments, stehe hier die Berechnung über die Empfindlichkeit eines Thermomultiplicators von Nobili. Nobili verglich seine Wirkung mit dem Differenthialthermometer von Leslie. Letzteres zeigte, dem freien Himmel eine Nacht hindurch ausgesetzt, eine durch Wärmestrahlung bewirkte Aenderung der flüssigen Säule von 30—50 Graden der Eintheilung; bei dem Thermomultiplicator machte die Nadel während einer solchen Nacht eine Bewegung von

*) Eine solche Säule ist Fig. 403 abgebildet und man sieht wie je zwei der verschiedenen Stäbchen unter scharfen Winkeln zusammengelöthet sind. Vergl. d. Art. Galvanismus S. 517.

120° und mehr. Jedem Grade des Differenthialthermometers entspricht $\frac{4^\circ}{25}$ R., und man kann noch recht gut halbe Grade auf dem Instrumente angeben, so daß seine Empfindlichkeit bis auf $\frac{1^\circ}{25}$ R. reicht. Eine Temperaturveränderung, die am Thermomultiplicator eine Abweichung von 25° hervorbringt, ist am Aethrioscop gar nicht wahrzunehmen. Man kann sie also immer gleich $\frac{1^\circ}{50}$ R. setzen. Auf der Scheibe Galvanometers lassen sich aber recht gut halbe Grade wahrnehmen, also ist die Nadel noch empfindlich für $\frac{1^\circ}{50 \cdot 50} = \frac{1^\circ}{2500}$ R. Diese Empfindlichkeit läßt sich aber auf das Doppelte erhöhen, weil man die Polardrähte des Instruments verwechseln, und die Bewegung der Nadel auf das Doppelte rückgängig machen kann. Es läßt sich also die Empfindlichkeit dieses Instrumentes $= \frac{1^\circ}{5000}$ R. setzen. Soll nun mit dem Apparate Melloni's experimentirt werden, so wird der zu untersuchende Körper auf den Träger S gelegt, und der Schirm E'' zurückgeschlagen. Jetzt hat ein Theil der Wärmestrahlen freien Durchgang durch die Oeffnung O der Platte E', und gelangt zur Vorderseite der Säule. Durch den Ausschlag der Nadel bestimmt sich nun die Intensität der einfallenden Wärmestrahlen. — Zuerst mußte die Ueberzeugung gewonnen werden, daß die Erwärmung der auf dem Träger S befindlichen Platte nicht auf den Thermomultiplicator einwirke. Der unter seinen vier Beweisen hiefür von Melloni selbst als der beste anerkannte besteht im folgenden Versuche. Steht die Platte hinter der Oeffnung O, so wird eine bestimmte von der Natur der gewählten Platte abhängige Menge Wärmestrahlen auf die thermoelektrische Säule fallen, und die Nadel bis auf eine bestimmte Weite ablenken. Rückt man nun die Säule ein wenig aus den unmittelbar durchgegangenen Strahlen heraus, so daß die Oeffnung ihrer Hülle aber stets gegen die Lamelle hin gerichtet ist, bei unverändertem Abstande von dieser, so wird der Ausschlag der Nadel allmählig kleiner, und verschwindet ganz, sobald die Hülle vollständig aus dem Wärmestrahlenkegel herausgerückt ist. Ja man kann auch die Säule, nachdem sie aus dem Wärmekegel herausgerückt ist, der Platte um mehre Centimeter nähern, und letztere sogar um ihre verticale Axe drehen, so daß sie mit ihrer ganzen Fläche gegen das Ende der Säule gerichtet ist, ohne auch nur die mindeste Bewegung der Nadel wahrzunehmen. Auch kann man sich von der Wahrheit dieser Behauptung, daß die Erwärmung der Platte nicht auf das Galvanometer wirkt, überzeugen, wenn man an die Stelle der durchsichtigen Glasplatte, eine mit Tusche geschwärzte setzt. Die Nadel wird nicht abgelenkt, ungeachtet daß die Erwärmung größer ist, als in der farblosen. Man kann auch durch gehörige Entfernung der Platte vom Thermomultiplicator diesen Fehler, wenn er noch da wäre, hinwegschaffen, muß sich dann aber hüten, nicht durch zu große Annäherung der

Platte an die Wärmequelle diese zu stark zu erhitzen. Der beste Platz, den sie zwischen der Säule und der Wärmequelle einnehmen, auf dem sie also zugleich am wenigsten erwärmt wird, und den geringsten Einfluß auf die Säule ausüben kann, ist, wie eine einfache Rechnung durch Bestimmung des kleinsten Werthes ergibt, die Mitte zwischen beiden. Alle diese Vorsichtsmaßregeln sind von Melloni aufs sorgfältigste beobachtet, so daß die Schärfe seiner Versuche nichts zu wünschen übrig läßt. — Die Ablenkung der Nadel ist aber nicht proportional den Kräften, welche auf sie wirken, und nur bei kleinen Bogen kann man, ohne einen Fehler zu begehen, diese Voraussetzung machen. Melloni fand durch Versuche, daß er ohne Fehler obige Annahme bis zum 20° konnte gelten lassen; darüber hinaus mußte er aber die den verschiedenen Kräften entsprechenden Ablenkungen berechnen. Er ließ nämlich auf das eine Ende der Säule eine Wärmequelle ihre Strahlen senden, welche die Nadel bis zum 24. Grad, und dann auf das andere Ende eine andere, welche die Nadel nur bis 20° ablenkte. Wären nun die Kräfte proportional der Ablenkung oder dem durchlaufenen Bogen, so hätte die Nadel, wenn beide Quellen auf beide Enden wirkten, eine Ablenkung von 4° nach der ersten Seite zeigen müssen, aber statt dessen war die Ablenkung 5°,12. Es gehört also um die Nadel von 20° bis zu 24° zu bewegen, eine Kraft, welche die auf 0° stehende Nadel bis 5,°12 ablenkte. So fand er durch Versuche die Kräfte, welche nöthig waren, um die Differenzen verschiedener Lagen durchlaufen zu lassen.

Der	Bogen	zwischen	20°	und	24°	entsprach	5°,12	von 0°	aus
=	=		24	=	28	=	6,44	=	=
=	=		28	=	32	=	8,00	=	=
=	=		32	=	36	=	9,92	=	=
=	=		36	=	40	=	12,44	=	=
=	=		40	=	44	=	19,04	=	=

Weiter als bis 44° dehnte er diese Versuche nicht aus, da er seine Versuche mit sehr durch die Entfernung geschwächten Strahlen anstellte, und die Nadel nicht über diese Grenze hinausging.

Für die zwischenliegenden Grade war es nun leicht, die zugehörigen Kräfte zu berechnen, und es ergab sich folgende Tafel, mit Hülfe deren er also stets die zu den Ausschlägen gehörigen Kräfte bestimmte.

Grade.	Kräfte.	Grade.	Kräfte.	Grade.	Kräfte.
20°	20,0	29°	33,4	38°	55,4
21	21,1	30	35,3	39	58,5
22	22,3	31	37,4	40	61,9
23	23,7	32	39,6	41	65,5
24	25,1	33	41,8	42	69,3
25	26,6	34	44,1	43	73,2
26	28,2	35	46,7	44	78,0
27	29,9	36	49,5	45	83,2
28	31,6	37	52,4		

Wenden wir uns nun zu seinen Versuchen und den Resultaten derselben. Auf eine auffallende Weise zeigte sich bald, daß nicht alle Körper von einer gleichen Quantität auffallender Wärme gleichviel durchlassen. Es hängt dieß nicht von der Durchsichtigkeit der Substanzen ab; scheint aber bei unkrystallisirten Körpern und den Flüssigkeiten in naher Beziehung zur Brechbarkeit derselben zu stehen, während bei den krystallisirten Körpern keine solche Beziehung sich herausstellt. Doch es muß dieser Satz durch Versuche bestätigt werden. Melloni hat die Resultate seiner Versuche selbst in folgender Tafel zusammengestellt,

Namen der Körper.	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelassene Strahlen.
Tafel I.		
Farblose Gläser; gemeinschaftliche Dicke $1^{mm},88$.		
Kein Schirm	30°,00	100
Flintglas von Guinand	22,90	67
— englisches	22,43	65
— französisches	22,36	64
— andere Art	22,19	64
Spiegelglas	21,89	62
— andere Art	21,10	60
— andere Art	20,78	59
Kronglas französisches	20,58	58
Fensterglas	19,25	54
— andere Art	18,56	52
— andere Art	17,83	50
Kronglas, englisches	17,22	49
Tafel II.		
Flüssigkeiten; gemeinschaftliche Dicke $9^{mm},21$.		
Spiegelglas	19,10	53
Schwefelkohlenstoff (farblos)	21,96	63
Chlorschwefel, stark rothbraun	21,83	63
Phosphorchlorür, farblos	21,80	62
Chlorkohlenwasserstoff, farblos	13,27	37
Nußöl, gelb	11,10	31
Terpentinöl, farblos	10,83	31
Rosmarinöl, farblos	10,46	30
Rüböl, gelb	10,38	30
Olivenöl, grüngelb	19,35	30
Natürl. Naphta, schwach braungelb	9,77	28
Copaivbalsam, merklich gelbbraun	9,39	26
Lavendelöl, farblos	9,28	26
Nelkenöl (sehr schwach gelblich)	9,26	26
Rectificirte Naphta, farblos	9,10	26
Schwefeläther, farblos	7,59	21
Reine Schwefelsäure, farblos	6,15	17

Namen der Körper.	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelassene Strahlen.
Nordhäuser Vitriolöl, merklich braun	6°,09	17
Ammoniaklösung, farblos	5,47	15
Reine Salpetersäure, farblos	5,36	15
Absoluter Alkohol, farblos	5,30	15
Kalihydrat, farblos	4,63	13
Rectificirte Essigsäure, farblos	4,25	12
Brenzliche Holzsäure, schwach bräunlich	4,28	12
Zuckerwasser, farblos	4,20	12
Alaunlösung, farblos	4,16	12
Salzwasser, farblos*)	4,15	12
Eiweiß, schwach gelb	4,00	11
Destillirtes Wasser	3,80	11
Tafel III.		
Krystallisirte Körper; gemeinschaftliche Dicke 2mm,62.		
Spiegelglas	21,60	62
Steinsalz, klar	28,46	92
Kalkspath, klar	21,80	62
— anderer, klar	21,30	61
Bergkrystall, farblos, klar	21,64	62
Rauchtopas, stark braun, klar	20,25	57
Brasilianischer Topas, farblos, klar	19,18	54
Weißbleierz, klar	18,35	52
Weißer Agat, durchscheinend	12,48	35
Schwerspath, klar, schielend gestreift	11,72	33
Aquamarin, klar, schwach blau	10,16	29
Gelber Agat, durchscheinend	10,10	29
Borax, durchscheinend	9,87	28
Turmalin, klar, grün	9,54	27
Adular, klar, schielend gestreift	8,30	24
Gyps, klar	7,15	20
Flußspath, klar, schielend gestreift	5,40	15
Citronensäure, klar	5,15	15
Sardonyx, durchscheinend	4,98	14
Kohlens. Ammoniak, klar, schielend gestreift	4,50	13
Weinsaures Kali-Natron, klar	4,40	12
Alaun (Alun de glace), klar	4,36	12
Schwefelsaures Kupfer, klar, stark blau	0,00	0
Tafel IV.		
Gefärbte Gläser; gemeinschaftliche Dicke 1mm,85.		
*Dunkelviolett	18,62	53
Gelblich roth (plaqué)	18,58	53
Purpurroth (dito)	18,10	51
*Lebhaft roth	16,54	47

*) Zu dieser Lösung wurde recht reines Steinsalz angewandt und das Wasser völlig gesättigt.

Namen der Körper.	Ablenkung des Galvanometers.	Durchgelassene Strahlen.
Blaß violett	16°,08	45
Orangeroth	15,49	44
Hellblau	15,00	42
Dunkelgelb	14,12	40
Schön gelb	12,08	34
Goldgelb	11,75	33
*Dunkelblau	11,60	33
*Apfelgrün	9,15	26
Mineralgrün	8,20	23
Sehr dunkelblau	6,88	19

Die Ablenkung bei freier Strahlung ohne Schirm betrug stets 30°, und die bei dieser Ablenkung auffallenden Wärmestrahlen wurden gleich 100 gesetzt. Leicht ist es nun, mit Hilfe der S. 808 angeführten Tafel die zu jeder Ablenkung gehörigen Wärmestrahlen bezogen auf die gleich 100 gesetzte Gesammtstrahlung zu berechnen. Eben so ist das Verfahren bei den Versuchen, deren Resultate Taf. III. und IV. enthält. Bei den Versuchen mit Flüssigkeiten ist aber eine andere Art und Weise nöthig. Es bedarf eines Gefäßes mit genau parallelen Wänden, und da dieses schwierig zu erhalten, so hilft sich Melloni auf folgende Art, denn selbst Metallröhren mit eingekitteten Gläsern sind unbrauchbar wegen der auflösenden Kraft verschiedener Flüssigkeiten. Er ließ in mehre recht dicke Stücke unbelegten Spiegelglases 2 Centimeter breite und 9 Centimeter lange Oeffnungen ausschneiden, und belegte ihre Seiten mit dünnen Platten von Spiegelglas, welche noch dazu durch zwei Metallrahmen auf jeder Seite festgehalten wurden. In die Oeffnung des mittelsten Glases ward nun die Flüssigkeit gebracht, und dann der Strahlung ausgesetzt. Um die Resultate der verschiedenen Tafeln mit einander vergleichen zu können, ist die Menge der Strahlen angegeben, welche ein unter gleichen Umständen sich befindendes Spiegelglas durchläßt. So war das Glas in der zweiten Tafel von dem nämlichen dicken Spiegelglase, aus dem die durchlöcherten Stücke geschnitten waren, hatte also genau die Dicke der flüssigen Schichten, und stand wie diese in Berührung mit den beiden Seitengläsern. Da aber durch diese Seitengläser schon ein Theil der Wärme aufgefangen wurde, so ward die Lampe so weit genähert, bis sie durch alle drei Gläser hindurch eine Ablenkung von 19° erzeugte, welche das Spiegelglas, allein der freien Strahlung ausgesetzt, hervorbrachte. — Wir sehen in obiger Zusammenstellung viele Körper, welche, obwohl gefärbt, doch mehr Wärmestrahlen durchlassen, als andere farblose. So läßt der ziemlich dunkelrothbraune Chlorschwefel mehr Wärmestrahlen durch, als das viel hellere Nuß-, Oliven- u. Rüböl, und letztere wieder mehre als ganz farblose Schwefelsäure, Salpetersäure, Aether, Alkohol und Wasser.

Eben so verhält es sich auch mit festen Körpern. Den auffallendsten Beweis hiezu gibt der rauchfarbene Bergkrystall oder Rauchtopas und der Alaun. Es läßt der sehr stark braune Rauchtopas 57, und der ganz klare wasserhelle Alaun nur 12 Strahlen durch, wenn beide Körper die Dicke $2^{mm},62$ haben, und die Menge der einfallenden Strahlen gleich 100 gesetzt wird. Selbst als Melloni einen Rauchtopas von 86 Millimeter Dicke, der so dunkel gefärbt, daß man nicht einmal beim hellen Tageslichte darunter gelegte Schriftzüge erkennen konnte, anwandte, wurde die Nadel noch bis auf 19° abgelenkt, während durch eine nur anderthalb Millimeter dicke sehr klare Alaunplatte nur eine Abweichung von 6° erhalten wurde. — Da nun das Vermögen der Körper, Wärmestrahlen durchzulassen, nicht abhängt von dem Vermögen, die Lichtstrahlen durchzulassen, so schlägt Melloni vor, nach Analogie der Worte transparent und diaphan für Licht, Körper, welche sich auf ähnliche Weise gegen die Wärme verhalten, transcalorische oder diathermane zu nennen. Indeß scheint zum Durchlaß von Wärmestrahlen doch stets ein gewisser Grad von Durchsichtigkeit erforderlich zu sein, indem Metalle, Hölzer, Marmor, welche für das Licht ganz undurchdringlich sind, auch den Wärmestrahlen keinen Durchgang gestatten. Ein schwarzes ganz undurchsichtiges Glas, wie es zu Polarisationsspiegeln gebraucht wird, läßt indeß noch Wärmestrahlen hindurch. Wie schon oben erwähnt, scheint die Diathermität, d. h. das Vermögen Wärmestrahlen durchzulassen, bei Gläsern und Flüssigkeiten parallel mit der Brechbarkeit zu gehen. Aber von Krystallen und krystallisirten Körpern gilt dieses nicht. Man möchte die großen Unterschiede der Diathermität bei diesen letztern mehr von dem eigenthümlichen Gefüge, als von der chemischen Natur abhängig betrachten. Es ist übrigens dabei ganz gleich, in welcher Richtung die Platte aus dem Krystall geschnitten.

Die Menge der durchgelassenen Strahlen ändert sich bei allen Substanzen, mit Ausnahme einer einzigen, wenn die Dicke derselben zunimmt, und auch mit Veränderung der Wärmequelle. So wurden vier Stücke eines Spiegelglases von der Dicke 1, 2, 3, 4 angewandt, und nachstehende Resultate erhalten. Die Nadel ward durch freie Strahlung auf 30° abgelenkt, und dann die Glasplatte dazwischen gestellt.

Dicke der Glasschirme.	Ablenkungen des Galvanometers.	Entsprechende Kräfte.
$2^{mm},068$	21°,625	21,850
4,136	20,312	20,343
6,202	19,687	19,687
8,272	19,375	19,375

Die Kraft, welche der freien Strahlung 30° entspricht, ist 35,3. Dividirt man also die Zahlen der dritten Columne durch 35,3, so erhält man das Verhältniß der durchgelassenen Strahlung zur einfallen-

den. Der Unterschied zwischen jedem dieser Quotienten und der Einheit gibt den entsprechenden Verlust. Setzt man nun die gesammte Strahlung = 1000, so ergeben sich

Ordnungszahl der Schirme.	Durchgelassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
1	619	381
2	576	424
3	558	442
4	549	451

Es ist also offenbar die Abnahme der durchgelassenen Strahlen nicht proportional der wachsenden Dicke der Gläser. Es läßt diese Eigenschaft der strahlenden Wärme auf ein neues Gesetz schließen, daß nämlich ein Körper um so leichter von ihnen wird durchdrungen werden, wenn sie aus einem andern ihm gleichen austreten. Doch hiervon nachher. Eben dasselbe zeigt sich auch bei Flüssigkeiten, denn Schichten Rüböl von verschiedener Dicke gaben

Dicke der Flüssigkeitsschicht.	Durchgelassene Strahlen.	Aufgefangene Strahlen.
$6^{mm},767$	443	557
13,535	363	637
27,069	294	706
54,139	270	730
81,209	255	745
108,279	244	756

wenn man ganz dieselbe Operation mit den erhaltenen Ausschlägen der Nadel vornahm, wie bei den festen Körpern.

Nur einen einzigen Körper gibt es, der bei jeder Dicke stets eine gleiche Anzahl von Strahlen durchläßt, nämlich das Steinsalz. Von 100 aufgefallenen Strahlen läßt es nämlich stets 92 durch, diese Strahlen mögen beschaffen sein, wie sie wollen.

Aber nicht nur mit der Dicke der angewandten Substanz, sondern auch mit der Veränderung der Wärmequellen ändert sich die Menge der durchgelassenen Strahlen, und sie erhalten ein größeres Vermögen, die dazwischen gestellten Körper zu durchdringen, oder sie werden, um es anders auszudrücken, um so viel brechbarer (s. unten über Wärme im Sonnenspectrum), je höher die Temperatur der Wärmequelle ist. Es mögen hier die von Melloni aufgefundenen Resultate angeführt werden. Er bewirkte durch Annäherung oder Entfernung der Wärmequelle stets einen Ausschlag der Nadel des Galvanometers von 30°, und aus dem verringerten Ausschlag nach Zwischenstellung der Platten

ward die Anzahl der durchgelassenen Strahlen, die der auffallenden = 100 gesetzt, berechnet. Die angewandten Wärmequellen sind die früher schon S. 806 erwähnten.

Dicke der Glasscheiben.	Durchlässe des Glases auf 100 Wärmestrahlen			
	der Locatellischen Lampe.	des glühenden Platins.	des geschwärzten bis 390° C. erhitzten Kupfers.	des geschwärzten bis 100° C. erhitzten Kupfers.*)
$0^{mm},07$	77	57	34	12
0,5	54	37	12	1
1,	46	31	9	0
2	41	25	7	0
4	37	20	5	0
6	35	18	4	0
8	33,5	17	3,4	0

Man sieht bei einem Blick auf diese Tafel, daß die Anzahl der von einer Substanz bei derselben Dicke durchgelassenen Strahlen abnimmt mit der Temperatur der Wärmequelle. So ist es nicht nur beim Glase, sondern mit allen übrigen Körpern, mit Ausnahme des Steinsalzes. Folgende Tafel gibt uns den Beweis hiezu.

Dazwischen gesetzte Substanzen, gemeinsame Dicke $2^{mm},6$. Die durchgelassenen Mengen sind in Hundertheilen der einfallenden Menge ausgedrückt und immer gemessen unter der Einwirkung einer gleich starken Strahlung von jeder der Wärmequellen.	Durchgelassen von 100 Wärmestrahlen			
	der Locatellischen Lampe.	des glühenden Platin.	des bis 390° C. erhitzten und geschwärzten Kupfers.	des bis 100° C. erhitzten und geschwärzten Kupfers.
Steinsalz, klar farblos	92	92	92	92
Flußspath, klar farblos	78	69	42	33
Steinsalz, durchsichtig, schielend	65	65	65	65
Berill, klar grüngelb	54	23	13	0
Flußspath, klar grünlich	46	38	24	20
Kalkspath, klar farblos	39	28	6	0
— anderer, klar farblos	38	28	5	0
Spiegelglas, klar farblos	39	24	6	0

*) Es ist das Gefäß mit siedendem Wasser gemeint.

Dazwischen gesetzte Substanzen, gemeinsame Dicke $2^{mm},6$.	Durchgelassen von 100 Wärmestrahlen			
	der Locatellischen Lampe.	des glühenden Platin.	des bis 390° C. erhitzten u. geschwärzten Kupfers.	des bis 100° C. erhitzten u. geschwärzten Kupfers.
Spiegelglas, anderes, klar farblos	38	26	5	0
Bergkrystall, klar farblos	38	28	6	0
Rauchtopas, klar braun	37	28	6	0
Saures chromsaures Kali, klar, lebhaft orange	34	28	15	0
Topas, klar farblos	33	24	4	0
Weißbleierz, klar farblos	32	23	4	0
Schwerspath, klar schwach schielend	24	18	3	0
Achat, durchscheinend weiß	23	11	2	0
Adular, klar schielend gestreift	23	19	6	0
Amethyst, klar violett	21	9	2	0
Künstl. Bernstein, klar gelb	21	5	0	0
Aquamarin, klar blaugrün	19	13	2	0
Achat, durchscheinend gelb	19	12	2	0
Borax, durchscheinend weiß	18	12	8	0
Turmalin, klar dunkelgrün	18	16	3	0
Ochsenhorn, durchschein. nußbraun	18	4	0	0
Gemeines Gummi, klar gelblich	18	3	0	0
Schwerspath, klar schielend gestreift	17	11	3	0
Gyps, klar farblos	14	5	0	0
Sardonyx, durchscheinend braun	14	7	2	0
Citronensäure, klar farblos	11	2	0	0
Kohlens. Ammoniak, klar schielend gestreift	12	3	0	0
Weinsaures Kali-Natron, klar farblos	11	3	0	0
Natürl. Bernstein, durchscheinend gelb	11	5	0	0
Alaun, klar farblos	9	2	0	0
Leim, klar gelbbraun	9	2	0	0
Perlmutter, durchscheinend weiß	9	0	0	0
Kandis, klar farblos	8	0	0	0
Flußspath, durchscheinend grün	8	6	4	3
Geschmolzener Zucker, klar gelblich	7	0	0	0
Eis, sehr rein, klar farblos	6	0	0	0

Die Ordnung, in welcher die verschiedenen Stoffe nach ihrem Durchlassungvermögen für die Strahlen einer Locatellischen Lampe geordnet sind, bleibt nicht dieselbe, wenn anstatt dieser Wärmequelle eine andere substituirt wird; indeß stets ist die Anzahl der durchgelassenen Strahlen geringer, je niedriger die Temperatur der Wärmequelle ist. Nicht so verhält es sich mit den Lichtstrahlen; denn bei diesen behalten die Bilder zweier ungleich hell leuchtender Körper durch eine Glasplatte angesehen, dasselbe Verhältniß ihrer Helligkeit, welches sie haben, wenn

man sie gerade zu betrachtet. Nur das Steinsalz läßt von 100 Strahlen stets 92 durch, und auch für mehre hinter einander gelegte Stücke desselben, die zusammen eine Dicke von 86 Millimeter geben, war die Menge der durchgelassenen Strahlen bei allen vier Wärmequellen gleich. Es ist für die Wärme das Steinsalz also der allein farblose Körper, während alle andern wie farbige Mittel auf das Licht wirken, sie fangen die Strahlen gewisser Wärmequellen auf, lassen aber die Strahlen anderer durch. — Es ist aber der Quantitätsunterschied der durchgelassenen Strahlen bei den verschiedenen Körpern nicht der einzige, sondern es wirken die verschiedenen Körper ganz wie farbige Mittel auf Lichtstrahlen, indem die aus der einen Platte austretenden für eine andere dahinter stehende mehr oder weniger durchdringlich sind. Läßt man durch verschiedene Platten Wärmestrahlen durchgehen, bringt durch Annäherung der Locatellischen Lampe vermittels der durchgelassenen Wärmestrahlen stets eine Abweichung der Nadel von 30° hervor, und läßt dann die durchgegangenen Wärmestrahlen auf eine Alaunplatte fallen, so werden, obwohl die Menge der aus der ersten Platte austretenden Wärmestrahlen gleich gemacht ist, doch sehr verschiedene Mengen von der Alaunplatte durchgelassen. Dieß zeigt folgende Tafel.

Schirme, aus denen 100 Wärmestrahlen treten, die nun successiv auf eine und dieselbe Alaunplatte fallen.	Anzahl der von dieser Alaunplatte durchgelassenen Strahlen.
Kein Schirm	9
Steinsalz, klar	9
Steinsalz, schielend	9
Borax	11
Adular	14
Kalkspath	22
Bergkrystall	25
Spiegelglas	27
Kohlensaures Ammoniak	31
Gyps	72
Weinsaures Kali-Natron	80
Citronensäure	85
Alaun	90

Es haben also die durch verschiedene Platten durchgegangenen Strahlen ganz die Eigenschaften der Lichtstrahlen, die aus einem farbigen Mittel austreten, und durch eine zweite durchsichtige und farbige Substanz in größerer oder geringerer Menge hindurch dringen, je nachdem die Farbe des ersten Mittels der des zweiten mehr oder weniger analog ist. Die aus verschiedenen Substanzen austretenden Wärmestrahlen haben also eine diesem Körper eigenthümliche Diathermansie erlangt. Nur Steinsalz hat keine Veränderung der durchgegangenen Wärmestrahlen bewirkt, es ist also auch in dieser Beziehung für die Wärme farblos.

Melloni kehrte die Versuche um, indem er die zu einer Alaunplatte ausfahrenden Strahlen mit Platten anderer Substanz auffing.

Statt des Alauns nahm er auch Gips u s. w., und erhielt folgende Resultate. Nach dem Durchgang durch die erste Platte betrug die Strahlung stets 30°.

Namen der dazwischen aufgestellten Substanzen. Dicke der Platten, wo sie nicht eigends anders angegeben, $2^{mm},6$.	Durchgelassen von 100					
	unmittelbar. Strahlen d. Lampe.	zum Alaun ausfahrend. Strahlen. (Dicke $2^{mm},6$).	zum Gips ausfahrend. Strahlen. (Dicke $2^{mm},6$).	zum chromf. Kali ausfahrenden Strahl. (Dicke $2^{mm},6$.)	zum grünen Glase ausfahrenden Strahl. (Dicke $1^{mm},85$).	zum schwarzen Glase ausfahrenden Strahl. (Dicke $1^{mm},85$).
Steinsalz	92	92	92	92	92	92
Flußspath	78	90	91	88	90	91
Beryll	54	80	91	66	70	57
Kalkspath	39	91	89	56	59	55
Glas, Dicke $0^{mm},5$	54	90	85	68	87	80
Glas, Dicke 8^{mm}	34	90	82	47	56	45
Bergkrystall	38	91	85	52	78	54
Saures chromsaures Kali	34	57	53	71	28	24
Schwerspath	24	36	47	25	60	57
Weißer Agat	23	70	78	30	43	17
Adular	23	23	58	43	50	23
Bernstein	21	65	61	20	13	8
Schwarzer opaker Glimmer, Dicke $0^{mm},9$	20	0,4	12	16	38	43
Gelber Agat	19	57	64	24	35	14
Aquamarin	19	60	57	26	20	21
Borax	18	23	33	23	30	24
Grüner Turmalin	18	1	10	14	24	30
Gemeines Gummi	18	61	52	12	6	4
Gips	14	59	54	22	9	15
— (Dicke 12^{mm})	10	56	45	17	5	0,4
Kohlensaures Ammoniak	12	44	34	11	6	5
Citronensäure	11	88	52	16	3	2
Weinsaures Kali-Natron	11	85	60	15	2	1
Alaun	9	90	47	15	0,5	0,3
Farbige Gläser, jedes $1^{mm},85$ dick.						
Weißes Glas	40	90	83	50	67	55
Violettes Glas	34	76	72	42	56	47
Rothes Glas	33	74	69	41	54	45
Orangefarbenes Glas	29	65	58	36	48	39
Apfelgrünes Glas	25	3	20	22	55	50
Mineralgrünes Glas	23	1	15	19	52	58
Gelbes Glas	22	49	46	27	35	30
Blaues Glas	21	47	42	26	34	29
Undurchsichtig schwarzes Glas	16	0,5	18	11	42	52
Indigfarbenes Glas	12	27	26	14	20	17

Wir finden auch hier wieder, daß die Körper, wenn sie den aus Platten austretenden Wärmestrahlen ausgesetzt werden, nicht mehr dieselbe Ordnung des Wärmedurchlasses beibehalten, welche sie unter der unmittelbaren Strahlung der Lampe zeigen. Am meisten durchdringlich werden die Strahlen für einen Körper derselben Substanz, durch welche sie schon gegangen sind. So gehen freie Strahlen von 100 nur 9 durch den Alaun, während von 100 aus einer Alaunplatte getretenen 90 die folgende durchdringen. Und dieser Verlust rührt nicht einmal ganz von der Absorptionskraft des Alauns, sondern zum größten Theil von der Reflexion der Wärmestrahlen an beiden Flächen her.

Hierin liegt auch der Grund, warum bei verschiedener Dicke der Platten die Menge der aufgefangenen Strahlen nicht proportional der Dicke abnimmt. Denkt man sich den dicksten jener vier Glasschirme in der Tafel S. 812. in vier gleich dicke getheilt, so sind die einfallenden Wärmemengen respective auf diese vier ideellen Schirme

1000 619 576 558

und die bei dem Durchgang verlorene Strahlenmenge ist

381 424 — 381 442 — 424 451 — 442

d. h. 381 43 18 9

Also hat man für den Verlust in jedem der ideellen Schirme, bezogen auf die einfallenden Strahlen

$\frac{381}{1000}$ $\frac{43}{619}$ $\frac{18}{576}$ $\frac{9}{558}$

oder 0,381 0,071 0,031 0,016

Es verringern sich die Verluste also sehr schnell, wenn die Dicke um eine constante Größe zunimmt. Ganz ähnlich sind die bei Flüssigkeiten gefundenen Resultate.

De la Roche hatte schon gefunden, daß Wärmestrahlen, die eine Glasplatte durchdrangen, in einer zweiten viel weniger absorbirt werden. Melloni zeigte, daß dieses Gesetz noch gültig ist bei mehren Glastafeln. Er nahm 4 Stück Spiegelglas von 2^{mm},068 Dicke, und erhielt, wenn er die Anzahl der Schirme vermehrte, folgende Ablenkungen.

Anzahl der Schirme.	Ablenkungen des Galvanometers.	Von 1000 Strahlen	
		Durchgelassen	Aufgefangen
1	21°,62	619	381
2	18,75	531	469
3	17,10	484	515
4	15,90	450	540

Berechnet man hieraus die Verluste, welche die Strahlen beim successiven Durchgange durch die vier Glasscheiben erleiden, aber bezogen auf die Menge der auf jede einfallenden Strahlen, so findet man

0,381. 0,134. 0,087. 0,058.

Der Verlust ist hier offenbar größer als bei den ideellen vier Glasschichten; indeß der Grund liegt nahe. Es bilden diese letzten vier Platten kein Ganzes, sondern zwischen ihnen ist Luft, so daß die Wärme durch die Reflexion an mehren Flächen sich mehr zerstreuen kann.

Beim Durchgange durch Platten erleiden die Wärmestrahlen nicht bloß eine Veränderung ihrer Durchdringlichkeit für andere Platten, sondern auch, wie Powell nachgewiesen hat, eine größere oder geringere Fähigkeit in verschiedener Menge von weißen und schwarzen Flächen absorbirt zu werden. Er nahm zwei gleich empfindliche Thermometer, bemalte die Kugel des einen weiß und die des andern schwarz. Powell fand das Absorptionsverhältniß zwischen dem schwarzen und weißen Thermometer bei glühendem Eisen als Wärmequelle = 100 : 78, und bei einer Argandschen Lampe = 100 : 72. Bei einer durch eine Glasplatte gegangenen Strahlung wurden diese Verhältnisse 100 : 50, und 100 : 57. Noch leichter ist die von Melloni angewandte Methode, das eine Ende seiner Säule schwarz, und das andere weiß zu bemalen. Man braucht dann nur Einen thermoskopischen Körper. Seine Resultate sind denen von Powell ganz analog. Die jedesmal auf der schwarzen Fläche hervorgebrachte Wirkung ist durch 100 dargestellt.

Strahlende Wärme der Locatellischen Lampe, direct oder durch verschiedene Schirme gegangen.	Absorptionskraft der schwarzen Fläche.	Absorptionskraft der weißen Fläche.
Directe Strahlen der Lampe	100	80,5
Durchgelassene vom Steinsalz	—	80,5
— — Alaun	—	42,9
— — farblosen Glase	—	54,2
— — hellrothen Glase	—	60,6
— — dunkelrothen Glase	—	77,8
— — hellgelben Glase	—	55,5
— — dunkelgelben Glase	—	63,6
— — hellgrünen Glase	—	67,4
— — dunkelgrünen Glase	—	70,5
— — hellblauen Glase	—	61,0
— — dunkelblauen Glase	—	66,9
— — hellvioletten Glase	—	67,6
— — dunkelvioletten Glase	—	76,7
— — undurchsichtigen schwarzen Glase	—	84,6

Also auch hier ändert das Steinsalz durchaus die Eigenschaften der strahlenden Wärme nicht. Alaun ändert das Verhältniß zwischen der Absorption beider Flächen bedeutend ab. Die Wirkung der farbigen

Gläser ist desto schwächer, je dunkler ihre Farbe ist, und dieß zeigt sich am auffallendsten und merkwürdigsten sogar noch an dem ganz undurchsichtigen schwarzen Glase, indem die hindurchgegangenen Wärmestrahlen selbst stärker von der weißen Fläche absorbirt werden, als die unmittelbaren Strahlen der Lampe.

Auch durch die Farbe werden Veränderungen in der Menge der durchgelassenen Wärmestrahlen bewirkt, aber die Menge der durchgelassenen Strahlen ist bei den farbigen Gläsern immer kleiner, als bei farblosen, wenn beide gleiche Dicke haben.*)

Glasschirme, ausgesetzt der Strahlung einer Locatellischen Lampe, jeder 1mm,85 dick.	Durchgelassen von 100 Wärmestrahlen.
Weißes Glas	40
Dunkelrothes Glas	33
Orangefarbenes Glas	29
Lebhaft gelbes Glas	22
Apfelgrünes Glas	25
Mineralgrünes Glas	23
Blaues Glas	21
Indigfarbenes Glas	12
Dunkel violettes Glas	34
Schwarzes undurchsichtiges Glas	17

Es findet also offenbar eine Wärmeabsorption durch den Farbestoff statt. Es fragt sich nun, ob diese Absorption für gewisse Strahlengattungen stärker als für andere, oder für alle ohne Unterschied gleich stark ist? Folgende Resultate Melloni's beweisen, daß das erste stattfindet.

Schirme, aus denen 100 Wärmestrahlen treten, und darauf successiv auf eine und dieselbe Alaunplatte fallen.	Anzahl der von dieser Alaunplatte durchgelassenen Strahlen.
Weißes Glas	27
Rothes Glas	27
Orangefarbenes Glas	27
Gelbes Glas	27
Apfelgrünes Glas	5
Mineralgrünes Glas	3
Blaues Glas	27
Indigfarbenes Glas	27
Violettes Glas	27
Schwarzes undurchsichtiges Glas	1

*) Die Wärmestrahlen fahren also aus durchsichtigen Schirmen mit verschiedenen Eigenschaften aus und besitzen (wie es Melloni nennt), die der von ihnen durchdrungenen Substanz eigenthümliche Diathermansie, d. h. die Eigenschaft, welche in Bezug auf die strahlende Wärme die Farbe eines Mittels vorstellt.

Merkwürdig ist es, daß die aus rothem, orangefarbenem, gelbem, blauem, indigfarbenem und violettem Glase austretenden Wärmestrahlen eine Alaunplatte in demselben Verhältniß durchdringen, als die aus farblosem Glase austretenden, während die durch grünes und schwarzes hindurchgegangenen fast undurchsichtig sind für die Alaunplatte. Es scheint dieses grüne Glas sehr viel Kupferoxyd zu enthalten. Aber nicht bloß bei farbigen Gläsern, sondern auch bei andern Körpern zeigt schwarz und grün diese merkwürdige Eigenthümlichkeit.

Schirme, aus welchen die 100 Wärmestrahlen treten, die darauf successiv auf eine und dieselbe Alaunplatte fallen.	Zahl der von dieser Alaunplatte durchgelassenen Strahlen.
Undurchsichtig schwarzer Glimmer	2
Grüner Turmalin	7
Schwerspath	12
Saures chromsaures Kali	14
Weißer Glimmer	15
Beryll	19
Aquamarin	19
Perl-Agat	24
Gelber Agat	24
Gelber Bernstein	30
Gummi	45

Der grüne Turmalin und der schwarze Glimmer verhalten sich analog den Gläsern gleicher Farbe. Beryll und Aquamarin, obwohl an Farbe verschieden, lassen doch eine gleiche Menge Strahlen hindurch. Vergleiche auch über die durch Farbe erzeugten Veränderungen die Taf. S. 817 und S. 819.

Der ganze Verlust beim Durchgang durch verschiedene Körper rührt indeß nicht von der Absorptionskraft derselben allein her, sondern ein Theil wird auch von den beiden Flächen reflectirt. Dieser reflectirte Theil läßt sich indeß leicht finden. Da das Steinsalz selbst bei starker Dicke stets dieselbe Menge absorbirt, und den durchgegangenen Strahlen gar keine neue Modification einprägt, so muß der Verlust bei seinem Durchgange einzig und allein der Reflexion an beiden Flächen zugeschrieben werden. Es beträgt, da das Steinsalz stets 0,923 der auffallenden Wärme durchläßt, der Verlust also stets $1 - 0{,}923 = 0{,}077$ oder 0,08. Ist nun die einfallende Wärmemenge $= 1$, und R der an der Vorderfläche reflectirte Antheil, so wird nur noch $1 - R$ in die Masse dringen, und $R\,(1 - R)$ wird der von der Hinterfläche reflectirte Theil sein. Die Summe beider reflectirten Mengen und der durchgelassenen müssen gleich der Einheit sein; also

$$R + R\,(1 - R) + 0{,}923 = 1$$

oder löst man diese quadratische Gleichung auf:

$$R = 1 \pm \sqrt{0{,}923} = 1 \pm 0{,}9607$$

Das obere Zeichen ist nicht brauchbar, weil die reflectirte Menge sonst

größer als die auffallende würde; es ist also nur das untere richtig, und R also = 0,0393, die von der Hinterfläche reflectirte Menge ist aber gleich den von beiden reflectirten weniger der von der vordern, also = 0,077 — 0,0393 = 0,0377. Daß dieser Werth auch für die Reflexionen an den Flächen der übrigen Körper gelte, läßt sich durch Versuche leicht darthun, indem man eine sehr dünne Platte hinter eine ziemlich dicke derselben Substanz stellt, wo dann von der auf die hintere dünnere fallenden Wärmemenge stets sehr nahe 0,923 durchgelassen wird. Ja nicht bloß für eine Platte derselben Substanz gilt dieses Gesetz, sondern selbst noch, wenn die dünne und dicke Platte verschiedener Natur sind, sobald die letzte nur für die Strahlen der Wärme weniger durchgänglig ist. So läßt eine dünne Bergkrystallplatte 0,923 von der aus einer dicken Glasplatte austretenden Strahlen, und eine dünne Glasplatte eben so viel von den aus Alaun oder Wasser heraustretenden Strahlen durch. Ja eine sechs bis acht Millimeter dicke Platte von Glas oder Bergkrystall läßt von den durch eine ein bis zwei Millimeter dicke Wasser- oder Alaunschicht gegangenen Strahlen eben so gut noch 0,923 durch.

Daß die Wärmestrahlen von polirten Flächen gerade so wie die Lichtstrahlen reflectirt werden, d. h. daß der Einfallswinkel dem Zurückwerfungswinkel gleich ist, wußte man schon lange und konnte es durch einen sehr einfachen Versuch beweisen. Stellt man nämlich die Kugel eines Thermometers in den Brennpunkt eines Hohlspiegels, und läßt aus einiger Entfernung Wärmestrahlen auf diesen fallen, während man durch einen kleinen Schirm die Thermometerkugel gegen die unmittelbar von der Wärme kommenden Strahlen schützt, so wird das Thermometer Temperaturerhöhung anzeigen. Ja man kann selbst zwei solcher metallenen Hohlspiegel nehmen, Fig. 404., in den Brennpunkt des einen die Wärmequelle, und in den des andern die Thermometerkugel bringen. Die aus dem Brennpunkt des ersten Spiegels auf diesen auffallenden und von ihm parallel gemachten Wärmestrahlen fallen auf den zweiten, und werden in dessen Brennpunkt concentrirt, wie das Thermoteter deutlich zeigt. Da nun der Brennpunkt für Wärmestrahlen derselbe ist als für Lichtstrahlen, so muß nothwendig der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel, ganz wie beim Licht, gleich sein.

Aber nicht bloß die Reflexion haben die Wärmestrahlen mit den Lichtstrahlen gemein, sondern auch die Brechbarkeit. Zur Untersuchung der Brechbarkeit wird man aber nach Melloni's Vorgange Prismen aus der für die Wärme allein durchsichtigen Substanz, aus Steinsalz anwenden. Melloni brachte deßhalb vor der Mündung des geschwärzten Rohrs, dessen Axe aus der Richtung der einfallenden Strahlen herausgerückt war, ein verticalstehendes Steinsalzprisma an, mit seinem brechenden Winkel in den Winkel gestellt, welchen die Wärmestrahlen mit der Axe des Rohrs bildeten. Fig. 405. War das Prisma nicht da, so zeigte das Galvanometer keine Ablenkung; sobald aber das Prisma vorgesetzt wurde, zeigte sich eine bedeutende Ablenkung der Nadel, die aber augenblicklich wieder verschwand, sobald er den brechenden Winkel nach

der andern Seite richtete. Dieß gelang sowohl mit den Strahlen der Lampe als auch des glühenden Platins und der nicht leuchtenden Wärmequellen. — Der Analogie nach müßte nun jede Gattung von Wärmestrahlen ebenso wie jede Lichtgattung ihre eigene Brechbarkeit besitzen, d. h. die aus einer Wärmequelle ausfahrenden Strahlen müßten brechbarer sein, als die aus einer andern. Mit obiger Operationsweise kam Melloni zu keinem entscheidenden Resultate, weil die Oeffnung des Rohres doch stets einen gewissen Durchmesser hat, und das Prisma sehr nahe vor der Oeffnung der Röhre ist. Es werden also Strahlen, die unter einem wenig verschiedenen Winkel gebrochen sind, doch stets auf die Säule fallen. Aber auf einem andern Wege gelang es ihm diese Analogie zu bestätigen. Er nahm nämlich einen eingetheilten Kreisbogen ABC Fig. 406. von 22 Zoll im Durchmesser, der mit einem beweglichen Lineal als Radius CD versehen war, und auf dessen Ende die thermoelektrische Säule M angebracht war, die aus 15 in einer und derselben Linie senkrecht auf die Ebene des Kreises gestellten Plattenpaaren bestand. Durch Hin- und Herführen der Säule auf dem eingetheilten Kreise läßt sich leicht der Punkt des Maximums in dem gebrochenen Wärmespectrum bestimmen. Hatte Melloni das Maximum der Wärme für vom glühenden Platin ausgehende Strahlen gefunden, so mußte er, um das Maximum der Wärme bei Anwendung der Locatellischen Lampe zu erhalten, die Säule ungefähr zwei Linien nach B fortrücken, bei Anwendung des erhitzten Kupfers aber drei Linien nach A. Auch läßt sich durch einen Versuch leicht beweisen, was auch Melloni gethan hat, daß die dunklen Wärmestrahlen, nachdem sie unter einem gewissen Winkel auf der Hinterfläche des Prismas angelangt sind, in das Innere des Prismas zurückgeworfen werden, und dann zur Vorderfläche heraustreten, ganz wie das Licht. — Wegen dieser Gesetze, die ganz den Gesetzen des Lichts entsprechen, ist es auch möglich, die Wärmestrahlen durch eine Steinsalzlinse in ihrem Brennpunkte zu sammeln, und um die Wirkung eines heißen Körpers von kleinen Dimensionen auf große Entfernungen fortzupflanzen, gewährt sie das beste und einfachste Mittel, indem man den erhitzten Körper in den Brennpunkt der Linse stellt, um die Strahlen parallel austreten zu lassen. — Mit Hilfe dieser Steinsalzlinsen ist es Melloni auch gelungen, die von Forbes entdeckte Polarisation der Wärme zu bewerkstelligen, und genauere Resultate zu gewinnen als dieser. Es lassen nämlich die Turmaline nur sehr wenig Wärme durch, und ihre Größe ist sehr gering, so daß das ausfahrende polarisirte Strahlensystem nur sehr schwach sein kann. Bei zu großer Annäherung der Wärmequelle erhitzen sich aber die Platten zu sehr, und man müßte das Thermoskop in große Entfernung stellen, wodurch wegen der Divergenz der Wärmestrahlen von neuem die Intensität geschwächt wird. Alles dieses vermeidet Melloni, indem er durch Hülfe zweier Steinsalzlinsen die Wärmestrahlen concentrirt und parallel macht, so daß diese in ihrem ganzen Verlaufe einen Strahlencylinder bilden. Durch Verbindung einer Linse von 2 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Brennweite mit einer Linse von 14 Linien erhielt er von den Turmalinen ausfahrende Strahlenbündel, welche die

Nadel auf 60 bis 80 Grad ablenkten, selbst wenn die Säule ein Meter von der kleinen Flamme einer Locatellischen Lampe entfernt war. Die Polarisation, d. h. das Verhältniß der bei paralleler und rechtwinkliger Stellung der Axen jedes Turmalinpaars durchgelassenen Wärmemengen, ist nach Beschaffenheit der Turmaline sehr verschieden. Es schwankt zwischen 3 oder 4 Hunderteln bis zu 22 Hunderteln. Den größten Unterschied geben die gelben, falben oder violetten Turmaline; blaue, welche das Licht wenig polarisiren, geben bisweilen eine größere Wärmepolarisation, als die grünen, welche die Lichtstrahlen einer Flamme fast vollständig auslöschen. (Vergl. hierzu d. Art. Polarisation des Lichtes.)

Durch Dazwischenstellung von Platten verschiedener Substanzen und verschiedener Dicke vor oder nach der Polarisation der Strahlen ändert sich die Menge der polarisirten Strahlen. Den directen Strahlen ausgesetzt polarisire ein violetter und falber Turmalin von 100 Strahlen 21; durch Dazwischenstellung einer etwa drei Millimeter dicken Gipsplatte geht der Zeiger von 21 bis auf 37, bei einer eben so dicken Platte von weinsaurem Kali-Natron auf 45, von Wasser auf 54, von Alaun auf 90°. Gewöhnliches Glas von gleicher Dicke, ebenso rothes, orangefarbnes, gelbes, blaues, indigfarbnes und violettes Glas lassen den Zeiger ruhig. Kupferoxyd, grün gefärbtes, und schwarzes undurchsichtiges Glas vermindert dagegen die Menge der polarisirten Wärme, und reducirt sie auf 5 bis 6 Hundertel. Bei jeder Substanz nimmt die die Polarisation verstärkende oder vermindernde Wirkung mit der Dicke zu. Eine Wasserschicht von 0,7 Millimeter Dicke bringt den Zeiger auf 36°, von 6 Millimeter Dicke auf 65°. Grünes oder schwarzes undurchsichtiges Glas, welches bei 0,5 Millimeter Dicke die Polarisation auf 20° bis 15° verringert, bringt sie bei einer Dicke von 4 Millimeter auf 2 bis 3° herab. Bei Anwendung von grünen Turmalinen sind das grüne und schwarze undurchsichtige Glas ganz ohne Wirkung, aber farbloses Glas vermindert sie bedeutend. Auch bei einem Paar gründgelber Turmaline, welche direct von 100 Wärmestrahlen 13 polarisiren, sank bei Dazwischensetzung eines zolldicken Glases der Zeiger auf 5° herab, und bei einem Paar dunkelgrüner Turmaline, welche von 100 Strahlen 7 polarisiren, bewirkt eine 2 bis 3 Millimeter dicke Platte gewöhnlichen Glases eine solche Verringerung, daß keine Spur von Polarisation wahrzunehmen war, bei Wärmemengen, welche am Galvanometer eine starke Ablenkung erzeugten. Bei Anwendung einer Argandschen Lampe zeigte sich beim letzten Turmalinpaar dieselbe Erscheinung, indem der Glascylinder der Lampe die Stelle der dazwischen gestellten Platte vertrat. »Es gibt also Umstände, in denen die strahlende Wärme nicht merklich von Turmalinen polarisirt wird, und dagegen andere, wo eine fast vollständige Polarisation derselben stattfindet.«

So wie beim Licht aber eine Polarisation durch Brechung statt findet, so stand zu erwarten, daß auch die Wärme eine solche geben werde. Und wirklich gelang es auch Forbes vermittels kleiner Säulen von Glimmerblättchen die Polarisation durch Brechung wahrzunehmen. Er ließ nämlich auf eine solche aus Glimmerblättchen bestehende Säule die Wärmestrahlen unter einem Winkel einfallen, und stellte un-

ter demselben Winkel geneigt die zweite Säule dahinter. Durch diese zweite Säule gehen entweder die aus der ersten austretenden Strahlen durch, oder werden größtentheils aufgefangen, je nachdem die zweite Einfallsebene parallel oder senkrecht gegen die erste ist. Es kommt aber hierbei sehr darauf an, daß die auffallenden Wärmestrahlen alle unter demselben Winkel auffallen, also parallel unter einander sind, weil mit dem Winkel sich die Menge der polarisirten Strahlen ändert; dieß ist leicht zu erreichen durch Hülfe einer Steinsalzlinse, in deren Brennpunkt die Locatellische Lampe steht. Durch Vernachlässigung dieser Vorsichtsmaßregel sind die Versuche Forbes nicht genau, und er fand nach Verschiedenheit der Wärmequellen größere oder geringere Polarisation. Ganz dawider sind die Resultate Melloni's, der sich auch genau vorher überzeugte, daß die Erwärmung der Glimmerblättchen keine Wirkung ausübt, und daß selbst, wenn beide Säulen parallel stehend um die Axe der einfallenden Wärmestrahlen gedreht wurden, die durchgelassene Wärmemenge constant blieb. Die bei dem Parallelismus und der Rechtwinklichkeit beider Ebenen durchgelassenen Wärmemengen verhielten sich wie 100 : 43. Es waren also bei der zweiten Stellung 57 verschwunden, d. h. der Index der Polarisation dieses Blättchensystems unter der Neigung, in welche es gebracht, verhielt sich zu den einfallenden Strahlen wie 57 : 100. Bei Dazwischenstellung des schwarzen vollkommen undurchsichtigen Glases, so wie einer Platte von grünem Glase, Alaun, Bergkrystall, Gips, Wasser oder Oel ward zwar die Gesammtwirkung durch die partielle Absorption der Platten verringert, aber das Verhältniß der in beiden Lagen der Glimmerblättchen durchgelassenen Wärmemenge verhielt sich stets wie 100 : 43. Während diese Substanzen bei der Polarisation durch die Turmaline den Werth des Polarisationsindexes ändern, lassen sie ihn bei der Polarisation durch Refraction ungeändert. Es ist also die von den brechenden Kräften der Körper erzeugte Polarisation unabhängig von der Beschaffenheit der Wärmestrahlen, was außerdem noch durch die Versuche Melloni's bestätigt wird, welcher statt der Locatellischen Lampe die drei andern öfters erwähnten Wärmequellen anwandte. Aber stets erhielt er dasselbe Verhältniß.

Die Glimmerblättchen waren so gestellt, daß ihre neutralen Durchschnitte in der Einfallsebene lagen, um gewissermaßen die Wirkungen der Doppelbrechung zu eliminiren. 5 bis 6 Blättchen in jeder Säule geben nach Melloni schon eine recht deutliche Polarisation, während Säulen von 18 Blättchen bei einer Neigung von 35° eine Polarisation von 82 auf 100 Strahlen bewirken. Auch eine Depolarisation des Lichtes gibt es. Forbes fand, daß bei rechtwinklig sich kreuzenden Lagen der Glimmersäulen durch ein neues zwischen beide Säulen rechtwinklig auf die Wärmestrahlen eingeschaltetes Glimmerblättchen die durchgehende Wärme desto mehr zunahm, je mehr der Winkel, den der Hauptschnitt des Glimmerblättchens mit dem der ersten Säule machte, sich 45° näherte. Bei Anwendung einer Strahlung von bis 700° F. erhitzten, noch nicht leuchtendem Messing stieg die Transmission, wenn das Glimmerblatt von 0° bis 45° gedreht wurde, bei vier Versuchen von 100 auf 110,

120, 122 oder 125, und bei Anwendung des glühenden Platins von 100 auf 116, 118 und 138. Auch Melloni vermehrte die Durchlassung bei Anwendung eins $0,^{mm}2$ dicken Glimmerblättchens unter ähnlichen Verhältnissen von 5° bis 12°, während beim Parallelismus beider Säulen die Ablenkung 45° betrug.

Ganz wie beim Licht findet sich auch bei der Wärme die circulare Polarisation, und Forbes gelang es selbst die Wärmestrahlen durch zweimalige totale Reflexion in einem Steinsalz Rhomboëder circular zu polarisiren. Auch Melloni und Biot haben über diese Polarisation Versuche angestellt, und folgende Resultate erhalten. Sie wandten nämlich Bergkrystallplatten senkrecht auf die Axe der Doppelbrechung geschnitten an, weil diese Krystalle die Polarisationsebene des Lichts am weitesten ablenken, die Wärme am wenigsten unter allen das Licht circularpolarisirenden absorbiren. Auch gibt es unter ihnen Krystalle, welche die Drehkraft nach der Rechten und nach der Linken in gleichem Maße besitzen.

Sie ließen die Wärmestrahlen durch die beiden Glimmersäulen gehen, und grade der Umstand, daß bei gekreuzter Lage der Ebenen nicht alle Strahlen polarisirt wurden, also stets ein Theil unpolarisirt durchging, gewährte ein Mittel die Wirkungen der Absorption von denen zu unterscheiden, welche durch die drehende Kraft der Platten hervorgebracht werden. Durch die hinter die erste Säule, bei gekreuzter oder senkrechter Stellung beider gegen einander, gestellten nach rechts drehenden Bergkrystallplatte wurden die Polarisationsebenen der aus der ersten Säule austretenden Strahlen gedreht, und sie selbst also geeigneter gemacht, die zweite Säule zu durchdringen. Eine zweite, ebenfalls rechtsdrehende Bergkrystallplatte, welche hinter der ersten angebracht wurde, vermehrte natürlich die Transmission durch die zweite Säule, während sie eine nach links drehende an die Stelle der zweiten gesetzt verringerte, weil sie die Polarisationsebenen größtentheils auf die ursprüngliche ihnen durch die erste Säule gegebene Richtung zurückführte.

Die beiden gekreuzten Glimmersäulen für sich lenkten die Nadel ab um .	7°,50
Hinter den Säulen, eine Bergkrystallplatte, dick $7^{mm},5$	6,35
Hinter den Säulen, zwei Bergkrystallplatten, jede $7^{mm},5$ dick . . .	5,80
Zwischen den Säulen, eine rechts drehende Bergkrystallplatte, dick $7^{mm},5$ . .	12,28
Zwischen den Säulen, zwei entgegengesetzt drehende Bergkrystallplatten, jede $7^{mm},5$	8,40
Zwischen den Säulen, zwei rechtsdrehende Bergkrystallplatten, gesammte Dicke $= 7^{mm},5 + 5^{mm}$	15,55
Zwischen den Säulen, eine rechts drehende Bergkrystallplatte, dick 41^{mm} .	23,19

Noch bleibt übrig, die Vertheilung der Wärme im Sonnenspectrum näher zu betrachten, und anzuführen, wie Melloni durch seine Versuche die abweichenden Angaben je nach der Verschiedenheit der Substanz des Prismas über die relative Lage des Maximums der Wärme zu erklären im Stande ist. Durch Seebeck's Versuche ist bekannt, daß das Maximum der Wärme im Sonnenspectrum seine Lage ändert nach der chemischen Natur, aus welcher das Prisma besteht. Bei einem Prisma aus Kronglas befindet es sich nämlich im Roth, bei ei-

nem Prisma aus Schwefelsäure im Orange, und bei einem Prisma aus Wasser im Gelb. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt darin, daß die Wärmestrahlen unter den Farben des gewöhnlichen Spectrums keine gleiche Veränderung erleiden, wenn man sie z. B. durch Wasser gehen läßt. Der Verlust steht nämlich im umgekehrten Verhältniß der Brechbarkeit derselben, so daß die brechbarsten vollständig durchgehen, die wenig brechbaren aber vollständig aufgefangen werden. Die auf das Roth eines Wasserprismas fallenden Wärmestrahlen sind weniger gebrochen als die auf Orange und Gelb fallenden. Es werden die im Roth als die weniger brechbaren durch das Wasser daher auch stärker absorbirt als die im Orange, und diese wieder mehr als die im Gelben. Die wachsenden Verhältnisse in den Verlusten der weniger brechbaren Strahlen bewirken deßhalb ein Maximum der Wärme im Gelb. Da die Schwefelsäure in ihrer Wirkung dem Wasser analog aber schwächer ist, so wird bei einem Schwefelsäureprisma das Maximum im Orange stehen bleiben. Wendet man zu Prismen weniger als Kronglas wirkendes Glas an, so muß das Maximum sogar aus dem Roth heraustreten, und so fanden es auch Herschel, Englefield und Seebeck bei Flintglasprismen in dem dunklen Raum, dicht bei der Zone des rothen. Nahe lag nun der Versuch eine noch weniger wirksame Substanz anzuwenden, da offenbar war, daß je diathermer die Substanz, das Maximum der Wärme desto mehr nach der Seite des Roth (wenn wir vom Gelben ausgehen) und selbst darüber hinausgehe. Ein Steinsalzprisma mußte also das Maximum der Wärme noch weiter vom Roth entfernt in dem dunklen Raume zeigen, und bei dem Versuch lag es wenigstens eben so weit in der dunklen Zone vom Roth entfernt, als dieses vom Grünblau. Es geht aber auch aus diesen Versuchen hervor, daß die Lage des Wärmemaximums nicht bloß von der Substanz, sondern auch von der mittleren Dicke des Prismas abhängen muß. Denn nimmt man ein großes hohles mit Wasser gefülltes Prisma, dessen Maximum im Gelb, und bedeckt einen Theil seiner Seitenfläche mit einer undurchsichtigen Platte, so nähert sich das Maximum desto mehr dem Roth, je kleiner der Theil ist, welcher auf der Seite der Kante entblößt bleibt.

Zu beiden Seiten des Maximums nimmt die Temperatur in den successiven Zonen mit der größten Regelmäßigkeit ab, und durch Vorsetzung farbiger Gläser, welche die Lichtintensität sehr unregelmäßig verändern, erleidet doch die allmählige Abnahme der Wärme von Roth zum Violett keine Veränderung, wiewohl die Wärmestärke nach der Natur der Gläser mehr oder weniger geschwächt ist.

Das Vermögen der Körper Wärme auszustrahlen ist sehr verschieden. Es hängt von seiner Temperatur und seiner Oberfläche ab. Je höher die Temperatur ist, desto mehre und intensivere Wärmestrahlen sendet er aus. Die Veränderung durch die Beschaffenheit der Oberfläche beweist Leslie durch einen sehr schönen Versuch. Er nimmt nämlich einen hohlen Würfel von Eisenblech, der auf der einen Seite polirt, auf der zweiten mit einer Glasplatte bedeckt, auf der dritten matt geschliffen und auf der vierten berußt ist, und stellt ihn gegen einen Hohl-

spiegel, in dessen Brennpunkt ein empfindliches Thermometer sich befindet. Wendet man die polirte Seite gegen den Spiegel, so steigt das Thermometer, und ist es zum Stillstehen gekommen, so beginnt es von neuem zu steigen, wenn man die Glasseite gegen den Spiegel kehrt. Es strahlt diese also mehr Wärme aus, als die polirte Fläche. Noch stärker ist aber das Ausstrahlungsvermögen der mattgeschliffenen, und am stärksten das der berußten Seite, indem bei Hinwendung dieser gegen den Spiegel das Thermometer immer stärker steigt. Auch der Einfluß der Politur auf das Strahlungsvermögen ist bedeutend, indem ein mit blankem Zinnblech überzogener hohler Würfel nur eine Wirkung = 12 auf das im Brennpunkte eines Hohlspiegels stehende Thermometer ausübte, die beim Ritzen der Oberfläche bis auf 19, beim fernern Ritzen auch nach der Quere bis auf 23, und beim Ritzen auch nach vielen andern Richtungen bis auf 26 stieg.

Da in jeder Verbindung von Körpern, die sich gegenseitig Wärme zusenden können, sich eine bleibende gleiche Temperatur herstellt, so muß nothwendig das Absorptionsvermögen eben so groß sein als das Strahlungsvermögen, und Ritchie sucht dieß durch einen sehr einfachen Versuch zu beweisen. Er nimmt ein großes Differenzialthermometer Fig. 407. mit cylindrischen Kammern vom dünnsten Weißblech G und F. Die Oberfläche der einen Kammer ist mit Lampenruß überzogen, während die gegenüberstehende der andern Kammer vollkommen blank ist. Zwischen beiden in der Mitte befindet sich ein Cylinder von Weißblech E, dessen eine Seite mit Lampenruß überzogen, die andere aber blank gelassen ist. Er wird mit heißem Wasser gefüllt. Ist die berußte Seite des Cylinders E gegen die berußte der Kammer G gerichtet, so sinkt der Weingeist in BC mit ungemeiner Schnelligkeit, weil von der berußten Seite viel Wärme ausgestrahlt und von der berußten Kammer viel Wärme absorbirt wird, während nur wenig auf die andre Kammer F fällt und absorbirt wird. Wendet aber E seine berußte Seite nach der blanken Kammer I, und seine blanke Seite nach der berußten Kammer G, so steht das Thermometer vollkommen still. Aus der berußten Seite von F fällt viel Wärme auf F, das aber nur schwache Absorptionskraft hat. Angenommen es sei die Menge der an der berußten Seite ausgestrahlten Wärme 10, und der von der blanken 1, so muß, wenn das Thermometer in Ruhe bleiben soll, die blanke Fläche F nur den zehnten Theil absorbiren, während die berußte G die ganze auffallende Menge absorbirt. Nach Melloni's Versuchen ändert sich aber das Absorptionsvermögen mit der Wärmequelle, und es kommt dem Emissions- oder Strahlungsvermögen desto näher, je niedriger die Temperatur der Wärmequelle, und fällt mit ihm zusammen erst bei der Temperatur des siedenden Wassers. Deßhalb stimmte auch das Resultat in Ritchie's Versuche. Es ist nämlich nach Melloni das Strahlungsvermögen von

Kienruß = 100	Tusche = 85
Bleiweiß = 100	Gummilack = 72
Hausenblase = 91	Metallfläche = 12.

Das Absorptionsvermögen ist nach ihm von

	Glühendes Platin.	Kupfer v. 400° C.	Kupfer v. 100 C.
Kienruß	100	100	100
Bleiweiß	56	89	100
Hausenblase . . .	54	64	91
Tusche	95	87	85
Gummilack . .	47	70	72
Blanker Metallfläche	13,5	13	13

Zugleich stellte er Versuche an über die Aenderung des Absorptionsvermögens, wenn die Strahlen eine Glasplatte durchdrungen hatten.

	Vor der Dazwischenstellung des Glases.	Nach der Dazwischenstellung des Glases.
Kienruß	100	100
Bleiweiß	53	24
Hausenblase	52	54
Tusche	96	100
Gummilack	43	30
Metallfläche	14	17

Man vergleiche auch über die Absorption das oben Mitgetheilte.

Alle diese Resultate sind mit der thermoelektrischen Säule erhalten. Nach Leslie ist das Strahlungs- oder Absorptionsvermögen für nachstehende Körper: Lampenruß = 100, Wasser = 100, Schreibpapier = 80, Glas = 90, Tuschmasse = 88, Eis = 85, mattes Blei = 45, Quecksilber = 20, glänzendes Blei = 19, polirtes Eisen = 15, polirtes Zinn = 15, polirtes Gold, Silber, Kupfer = 12, Graphit = 75, Mennig mit Hausenblase aufgetragen = 80, Kronglas = 90, Siegellack 95, harziger Ueberzug = 95.

Verschiedene Körper brauchen, um von einem Wärmegrade bis zu einem andern erwärmt zu werden, nicht dieselbe Menge Wärme, wie man sich augenblicklich überzeugen kann, wenn man ein Gefäß mit Wasser, und ein anderes ihm gleiches mit demselben Gewicht Quecksilber gefüllt, neben einander auf den Ofen setzt. Es erhält doch, da sie sich beide unter ganz gleichen Umständen befinden, jedes Gefäß dieselbe Menge Wärme, und doch wird das Quecksilber eher bis zu einem gewissen Grade erwärmt als das Wasser. Ja dieselben Stoffe, aber anders bearbeitet, wie zwei verschieden gehärtete oder geschmiedete Eisenmassen, werden nicht genau dieselbe Menge von Wärme gebrauchen, um von einer Temperatur zu einer andern zu gelangen. Man schreibt nun derjenigen Substanz, welche mehr oder weniger Wärme erfordert, um eine Temperaturerhöhung von 1° zu erleiden, größere oder geringere Wärmecapacität zu, und die Menge der verbrauchten Wärme selbst nennt man die specifische Wärme der Körper. Wenn ein Körper stets dieselbe Menge von Wärme gebraucht, um seine Temperatur um einen Grad zu erhöhen, auf welchem Punkte der Wärmescale er sich auch befinden mag, sei es also um von 0° bis 1°, oder 100° bis 101° u. s. w. erhitzt zu werden, so ist seine Capacität eine constante,

im entgegengesetzten Falle aber eine veränderliche. So ist die Capacität des Eisens eine wachsende, indem dieselbe Masse eine größere Menge Wärme erfordert, um von 100° bis 101°, als um 0° bis 1° erhitzt zu werden, eine noch größere, um von 200° bis 201° zu steigen, u. s. w. Das Verhältniß der Capacitäten für zwei gegebene Punkte der Wärmescale ist das Verhältniß der Wärmemengen, welche nöthig sind, um an jedem dieser Punkte gleiche Temperaturveränderungen hervorzubringen. Ueberhaupt sind die Capacitäten der specifischen Wärme der Körper proportionirt. Als Einheit der Wärmemenge nimmt man diejenige an, welche ein Pfund Eis von 0° C. gebraucht, um in Wasser überzugehen, dessen Temperatur auch 0° ist. Die Wärmemengen 2, 3 u. s. w. sind also diejenigen, welche hinreichend sind um 2, 3 u. s. w. Pfund Eis von 0° in Wasser von derselben Temperatur zu verwandeln. Als Einheit der Wärmecapacität nimmt man gewöhnlich die des reinen Wassers an. Ist C die Wärmecapacität eines Körpers, S seine specifische Wärme, s die specifische Wärme des Wassers, und $c = 1$ die Wärmecapacität des letztern, so ist $S : s = C : c$ oder $S : s = C : 1$, mithin $S = sC$. Die Bestimmung der Wärmecapacität eines Körpers kann auf verschiedenen Wegen geschehen. Man kann sich zunächst eines von Lavoisier und Laplace angegebenen Instrumentes, des von ihnen sogenannten Calorimeters bedienen. Es besteht dieses aus 3 Gefäßen Fig. 408. welche einander umschließen, C, C_1 und C_2. Das größte C hat ein Rohr R zum Abfließen des Wassers, und ebenso das mittlere C_1 das Rohr r, über dem zugleich im Boden dieses zweiten Gefäßes ein Sieb befindlich ist. In diese beiden äußern wird zerstoßenes Eis gelegt, und zwar in das äußere, um die Wärme der äußern Luft zu absorbiren, in das mittlere aber um durch die Wärme des in das kleinste innerste Gefäß gelegten Körpers zum Theil geschmolzen zu werden. Nachdem der erwärmte Körper in das Gefäß C_2 gelegt ist, wird schnell der Deckel aufgelegt und mit Eis belegt. Nun wird die Zeit abgewartet, bis der erwärmte Körper die Temperatur 0° erlangt hat, alles bis dahin durch das Rohr r aus dem mittleren Gefäße abfließende Wasser gesammelt, und aus dessen Menge die Wärmecapacität des untersuchten Körpers berechnet. Ist C die Capacität desselben, T seine anfängliche Temperatur, M seine Masse und s die specifische Wärme des Wassers, so ist die Wärmemenge, welche der Körper hatte, $= MTCs$. Werden nun N Pfund Eis von 0° Temperatur geschmolzen, so ist die Zahl N zugleich die zum Schmelzen derselben nothwendig gewesene Wärmemenge, und daher $N = MTCs$, woraus sich ergibt $C = \frac{N}{MTs}$. Ist aber der zu untersuchende Körper flüssig, so muß auch die Wärmemenge des Gefäßes mit in Berechnung gebracht werden, und von der ganzen Wärmemenge abgezogen werden. Man stellt deßhalb den Versuch erst mit der Flasche oder dem sonstigen zur Aufnahme der Flüssigkeit bestimmten Gefäß an. Bedeuten für diese m, c und t dasselbe, als M, C und T für den zu untersuchenden Körper, so ist die Wärmemenge derselben $mcst$. Die Wärmemenge der Flüssigkeit und der Flasche zusammen haben aber zusammen N′ Pfund Eis geschmolzen; es ist also

$$N' = s\,(MCT + mct),$$ und hieraus folglich
$$C = \frac{N' - mcst}{MTs}$$

Bei Anstellung dieser Versuche hat man besonders darauf zu achten, daß das angewandte Eis keine niedrigere Temperatur als 0° habe, damit nicht ein Theil der Wärme des Körpers verbraucht wird, um das Eis bis auf 0° zu erwärmen, daß die Temperatur des Zimmers, worin experimentirt wird, nur sehr wenige Grade über Null sei, indem es unvermeidlich, daß etwas Luft mit in das Calorimeter eindringt, und durch ihre Abkühlung die Menge des geschmolzenen Eises zu merklich vermehrt, und daß man die ganze Menge des geschmolzenen Eises erhalte. Dieß letzte ist sehr schwer genau zu bewerkstelligen, indem sich stets noch Wasser zwischen dem zerstoßenen Eise befindet. Man sucht dieß einigermaßen zu gewinnen, indem man den Apparat einige Zeit vor dem Versuche in das Zimmer bringt. Es wird dann durch die Wärme der Luft etwas Eis schmelzen, und jedes Stück desselben sich mit einer Wasserschicht überziehen. Um aber ein nicht zu hohes Resultat wieder zu erhalten, darf die Menge des Eises nicht zu stark vermindert werden, indem sonst weniger Wasser zurückbleibt, als vorher darin war, und die in den leer gewordenen Raum eindringende Luft auch ihre Wärme abgibt. Man wendet auch wohl ganz einfach ein Stück Eis an, in das man ein Loch zur Aufnahme des zu untersuchenden Körpers gemacht hat; wo dann diese letzten Fehler nicht eintreten können. Fig. 409.

Die Methode durch die Abkühlung der erwärmten Körper die Wärmecapacität zu bestimmen, ist von Mayer erfunden, dann von Leslie vervollkommt, aber erst zu ihrer hinreichenden Schärfe gebracht durch Dulong und Petit. Sie gründet sich nämlich darauf, daß gleiche und mit einem gleichen Strahlungsvermögen versehene Körper in derselben Zeit dieselbe Wärmemenge ausstrahlen. Füllt man nun die zu untersuchenden Körper gepulvert in eine sehr dünne silberne Kugel, wie es Dulong und Petit machten, und läßt sie jedes Mal bis zu derselben Temperatur abkühlen, so wird die im ersten Augenblick der Abkühlung verlorne Wärme stets gleich sein, und wenn ein Körper sich doppelt so schnell abkühlt als ein anderer, so wird seine Capacität, wenn die Gewichte gleich sind, nur die Hälfte des andern sein, weil beim Verluste derselben Wärmemenge die Temperatur sich um die doppelte Anzahl Grade verminderte. Dulong und Petit nahmen eine Kugel von Silber und sehr dünnen Wänden, um der besondern Leitungsfähigkeit keinen großen Einfluß zu gestatten. Auch war die Fläche derselben polirt, der Raum, worin der Körper erkaltet, so viel als möglich luftleer gemacht, und der Unterschied der Temperatur 5 bis höchstens 10°, damit die Abkühlung nur langsam vor sich ginge.

Endlich hat man auch die Wärmecapacitäten durch die sogenannte Mischungsmethode zu bestimmen gesucht. Man erhitzt nämlich den zu untersuchenden Körper und senkt ihn dann in eine bestimmte Menge Wasser oder in eine andere Flüssigkeit. Die Temperaturen des erhitzten und des kältern Körpers sind genau bestimmt, und ist das Gleich-

gewicht der Wärme nach der Mischung beider hergestellt, so untersucht man die Temperatur der Mischung. Wird 1 Pfund Wasser von 0° C. und 1 Pf. Eisenfeile von 36° vermengt, so wird die Temperatur nach ihrer Mischung sein = 4°. Hieraus folgt, daß dieselbe Wärmemenge, welche die Temperatur des Eisens um 36° — 4° = 32° erhöhte, nur fähig ist dem Wasser eine Temperaturvermehrung um 4° zu geben, und es braucht das Eisen mithin um zu derselben Temperatur, wie eine gleiche Quantität Wasser, zu gelangen, nur $\frac{1}{8}$ der dem Wasser hiezu nöthigen Wärme; es ist also, wenn die Capacität des Wassers = 1, die des Eisens = $\frac{1}{8}$ oder = 0,125. Ist der Körper in der Flüssigkeit auflöslich, so läßt sich diese Methode natürlich nicht anwenden. Auch müßte man, um sich ganz auf das Resultat verlassen zu können, überzeugt sein, daß die Wärmecapacität der Flüssigkeit sich mit der Temperatur nicht ändert. Dieß ist aber nur bei solchen Temperaturen der Fall, die nicht sehr unterschieden sind. Man wird deßhalb lieber größere Mengen der zu untersuchenden Körper und kleinere Temperaturunterschiede anwenden. Man muß auch auf den Wärmeverlust durch das Gefäß und durch die Abkühlung in der Luft Rücksicht nehmen. Diesem letztern könnte man vorbeugen, wenn man durch vorläufig angestellte Versuche die Mengen und die Temperaturen ermittelte, welche nöthig sind, um dem Gemeng eine Temperatur zu ertheilen, die von der des Zimmers wenig oder gar nicht abweicht. Hat man aber ungleiche Massen angewendet, so muß man mit Hülfe folgender Formel das Verhältniß der Capacitäten berechnen. Hat der wärmere Körper die Masse M, die Capacität C, vor dem Versuche die Temperatur T, und bedeuten für den kältern m, c und t dasselbe, τ aber die Temperatur des Gemenges, nachdem sie stationär geworden, und s die specifische Wärme: so hat der wärmere die Wärmemenge $MCs\,(T - \tau)$ verloren, der kältere die Wärmemenge $mcs\,(\tau - t)$ gewonnen. Es ist aber nach der Mischung bei stationärem Gleichgewichte beider Temperatur gleich, folglich ist

$$MCs\,(T - \tau) = mcs\,(\tau - t) \text{ oder } \frac{C}{c} = \frac{m(\tau - t)}{M(T - \tau)}$$

Die Wärmecapacität der Gase läßt sich aber auf keine der drei so eben beschriebenen Arten bestimmen, sondern man muß dazu Rumford's Calorimeter (s. d. Art. Dampf S. 429) gebrauchen. Man leitet nämlich die erhitzten Gase mittels eines Schlangenrohrs durch eine Flüssigkeit, und beobachtet die Temperatur der Flüssigkeit, wenn sie stationär geworden ist. So viel Wärme das Gas an das Calorimeter abgibt, eben so viel verliert dieses dann an die atmosphärische Luft. Es kommt hier vorzüglich darauf an, einen ganz gleichförmigen Gasstrom durch die Flüssigkeit zu leiten, und ihre Temperatur, nachdem sie stationär geworden, genau zu bestimmen. Den gleichmäßigen Strom bewirkten Laroche und Berard, welche sich dieses Instrumentes bei ihren Versuchen bedienten, durch folgende Einrichtung. Fig. 410. Das Gas, dessen Capacität untersucht werden soll, findet sich in der Blase, die im Ballon B sich befindet. Die Blase steht durch das Rohr C in Verbindung mit dem Schlangenrohr (Fig. 176 Bd. I..), und das Gas tritt in letzteres ein, nach-

dem es vorher durch ein 1^m langes Stück der Röhre C gegangen ist, das von einer weitern mit siedend heißem Wasser angefüllten umgeben ist. Um aber das Gas aus der Blase zu treiben, steht der Ballon B durch die mit einem Hahn a verschließbare Röhre D mit dem Gefäß E in Verbindung. Ueber letzterm befindet sich das Gefäß F, dessen Deckel zwei Oeffnungen hat, eine die luftdicht durch ein n Pfropf verschlossen werden kann, und eine zweite, durch welche eine an beiden Enden offnene Röhre d fast bis auf den Boden des Gefäßes F hindurchgeht. Wird nun dieses Gefäß F mit Wasser gefüllt, während E und B Luft enthalten, so beginnt nach dem Oeffnen der Hähne a und b das Wasser mit einer der constanten Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit durch e abzufließen, treibt die Luft aus E nach B, und veranlaßt so einen Druck auf die Blase, welcher das Gas zum Ausströmen durch C zwingt. Um das Gas nun wiederhohlt gebrauchen zu können, wird es in eine zweite Blase, die sich unter ganz ähnlichen Umständen, wie die erste befindet, geleitet, und aus dieser dann nach A zurück.

Durch solche Versuche hat man folgende Resultate erhalten.

I. Tafel der durch Lavoisier und Laplace bestimmten Wärmecapicitäten.

Namen der Substanzen	Capacitäten.
Wasser	1,0000
Blei	0,0282
Quecksilber	0,0290
Zinn	0,0475
Rothes Quecksilberoxyd	0,0501
Geschlagenes Eisen	0,1105
Glas ohne Bleizusatz	0,1929
Schwefel	0 2085
Ungelöschter Kalk	0,2169
Olivenöl	0,3096
Schwefelsäure (Dichte 1,87)	0,3346
Salpetersäure (Dichte 1,30)	0,6614
Salpeterauflösung (1 Salp., 8 Wasser)	0,8187

II. Tafel der von Dulong und Petit durch die Methode der Mischungen bestimmten Wärmecapacitäten.

Namen der Substanzen	Mittlere Capacitäten zwischen 0 u. 100°	Mittlere Capacitäten zwischen 0 u. 300°
Wasser	1,0000	"
Quecksilber	0,0330	0,0350
Platin	0,0335	0,0355
Antimon	0,0507	0,0547
Silber	0,0557	0,0611
Zink	0,0927	0,1015
Kupfer	0,0940	0,1013
Eisen	0,1098	0,1218
Glas	0,1770	0,1900

III. Tafel der von Dulong und Petit durch die Methode der Abkühlung bestimmten Wärmecapacitäten.

Namen der Substanzen	Capacitäten gegen die des Wassers = 1	Atomengewicht gegen das des Sauerstoffs = 1	Produkte des Gewichts jedes Atoms mit der entsprechenden Capacität
Wismuth	0,0288	13,30	0,3830
Blei	0,0293	12,95	0,3794
Gold	0,0298	12,43	0,3704
Platin	0,0314	11,16	0,3740
Zinn	0,0514	7,35	0,3779
Silber	0,0557	6,75	0,3759
Tellur	0,0912	4,03	0,3675
Zink	0,0927	4,03	0,3736
Kupfer	0,0949	3,957	0,3755
Nickel	0,1035	3,69	0,3819
Eisen	0,1100	3,392	0,3731
Kobalt	0,1498	2,46	0,3685
Schwefel	0,1880	2,011	0,3780

Tafel III. zeigt ein Grundgesetz der Wärmetheorie an, indem bei einfachen Körpern die Capacität multiplicirt mit dem Mischungsgewicht derselben, eine constante Größe gibt. Denn die Zahlen der vierten Spalte weichen sehr wenig von 0,375 ab. Will man dieß Gesetz in andern Worten ausdrücken, so würde es heißen: Es haben die stöchiometrischen Theile (die Atome) der einfachen Körper alle genau dieselbe Wärmecapacität. Auch scheint aus einigen Versuchen Dulong's und Petit's hervorzugehen, daß zwischen der Capacität der zusammengesetzten Atome und der Capacität der elementaren Atome stets eine einfache Beziehung statt finde. Bei chemisch ähnlich zusamengesetzten Stoffen scheinen ebenfalls die Atome gleiche Wärmecapacität zu besitzen. Nach Neumann ist das Product aus den Capacitäten und den Atomengewichten für Oxyde mit einem Atom Sauerstoff und einem Atom Metall = 0,697, bei denen mit 2 Atomen Metall und 3 Atomen Sauerstoff = 1,782, bei Sulphuriden mit 1 At. Metall und 1 At. Schwefel = 0,757. Die zweite auch aus den Versuchen von Dulong und Petit zusammengestellte Tafel zeigt, daß die Wärmecapacitäten wachsen, wenn die Temperatur sich erhöht, ein vielleicht auch allgemein durchgehendes Gesetz.

Für die Capacität der Gase stehe hier die Tafel, die sich aus Versuchen von de la Roche und Bérard ergibt:

Namen der Substanzen.	Capacitäten bei gleichem Vol. gegen Luft = 1.	Capacitäten bei gleichen Massen gegen Luft = 1.	Capacitäten bei gleichen Massen gegen Wasser = 1.
Atmosphärische Luft	1,0000	1,0000	0,2669
Wasserstoffgas.......	0,9033	12,3401	3,2936
Sauerstoffgas.......	0,9765	0,8848	0,2361
Stickgas...........	1,0000	1,0318	0,2734
Kohlenoxydgas......	1,0340	1,0805	0,2884
Kohlensäure.........	1,2588	0,8280	0,2210
Stickoxydgas........	1,3503	0,8878	0,2369
Oelbildendes Gas...	1,5530	1,5763	0,4207
Wasserdampf........	1,9600	3,1360	0,8470

Bei allen diesen Versuchen findet aber durch die Temperaturveränderung eine Aenderung im Volumen des Körpers statt. Man findet daher seine Capacität unter einem beständigen Druck, aber unter veränderlichem Volumen. Will man die Capacitäten unter constantem Volumen und veränderlichem Drucke bestimmen, so muß es durch Hilfe der Akustik geschehen. Die Entwickelung davon würde uns jedoch zu weit führen.

Die Capacitäten der chemisch einfachen Gase sind einander gleich, und zwar sowohl die unter beständigem Druck als die unter beständigem Volumen. Der Exponent des Verhältnisses der Capacitäten unter gleichem Drucke und unter gleichem Volumen ist nach Dulong 1,421, nach Moll's und Beck's Schallversuchen 1,4152. — Die Capacitäten unter demselben Drucke sind sowohl bei den schon untersuchten festen als bei den gasförmigen Körpern größer als die unter beständigem Volumen, so daß man einen Theil der einem Körper bei constantem Drucke mitgetheilten Wärme als zu seiner Temperaturerhöhung, den andern aber als zur Vergrößerung seines Volumens nöthig betrachten kann. Als Beleg hierzu dienen folgende zwei Tafeln:

Capacität einiger festen und tropfbaren Körper.

Name.	Capacität bei beständigem Drucke.	Capacität bei beständigem Volumen.
Wasser bei 22° R.........	1,0000	—
— bei 80° R.........	1,0127	—
Eis.........................	1,9000	—
Glas (von 0° bis 100°)	0,1770	—
— (von 0° bis 300°)	0,1900	—
Quecksilber (von 0° bis 100°).................	0,0330	—
— (von 0° bis 300°)	0,0350	—
Schwefel..................	0,1880	—
Talg.......................	0,2167	—

Name.	Capacität bei beständigem Drucke.	Capacität bei beständigem Volumen.
Holzkohle	0,2631	—
Leinöl	0,5280	—
Brennöl	0,7100	—
Schwefeläther (specifisches Gew. 0,7676)	0,6600	—
Eisen	0,1098	0,1026
Kupfer	0,0949	0,0872
Silber	0,0557	0,0525
Platin	0,0314	0,0259

Capacität einiger Gase nach Dulong.

Name.	Capacität unter constantem Volumen.	Capacität unter constantem Drucke.	Verhältniß beider Capacitäten.
Atmosphärische Luft	1,000	1,000	1,421
Sauerstoffgas	1,000	1,000	1,415
Wasserstoffgas	1,000	1,000	1,407
Kohlensaures Gas	1,249	1,175	1,338
Kohlenoxydgas	1,000	1,000	1,428
Oxydirtes Stickgas	1,227	1,16	1,343
Oelbildendes Gas	1,754	1,531	1,240

Ueber die durch Erwärmung bewirkte Volumenänderung, s. d. Art. Ausdehnung.

Steigt die Hitze aber bei festen Körpern so hoch, daß die Entfernung der einzelnen Theile von einander nicht vergrößert werden kann, ohne die gegenseitige Anziehung in eine Abstoßung zu verwandeln, so ist der Schmelzpunkt des Körpers erreicht, und die geringste Erhöhung der Temperatur bewirkt den Uebergang des festen Körpers in einen flüssigen. Die Temperatur, welche hierzu erforderlich ist, wird natürlich bei den verschiedenen Körpern sehr verschieden sein. Einige schmelzen schon bei mäßiger Erhitzung wie Talg, Wachs u. s. w., andere erst bei sehr hoher, wie Gold, Platin; die größte Hitze scheint aber zu ihrem Schmelzen die Kohle zu erfordern. Fast alle organischen, und auch mehre unorganische Stoffe können nicht zum Schmelzen gebracht werden, weil ihr Schmelzpunkt höher liegt als derjenige Punkt, bei welchem sie sich zersetzen. Hull hat durch Vermehrung des Druckes es dahin gebracht, Marmor zu schmelzen, der beim Erhitzen sonst ebenso wie unser gewöhnlicher Kalkstein seine Kohlensäure abgibt, und gebrannter Kalk (Aetzkalk) wird. Während nun ein Körper schmilzt, kann man keine Erhöhung der Temperatur wahrnehmen. Denn ein in Eis oder Schnee gestelltes Thermometer bleibt selbst im wärmsten Zimmer stets

auf 0°, so lange noch Eis oder Schnee vorhanden ist und schmilzt. Es wird dem Eise aber stets von seiner Umgebung Wärme zugeführt; diese muß also verbraucht sein zur Aenderung des Aggregationszustandes des Körpers, und diese offenbar verbrauchte, aber durch kein Instrument angebbare Wärme ist es, die man gebundene oder latente Wärme nennt. Beim Schmelzen wird also Wärme gebunden und, wie sich nachher zeigen wird und aus dem Gesagten auch vermuthet werden kann, beim Erstarren frei. Die Menge der zum Schmelzen der Körper verbrauchten Wärme ist übrigens sehr bedeutend. So bindet ein Pfd. Eis von 0° C. eben so viel Wärme, als ein Pfd. Wasser gebraucht, um sich von 0° bis auf 75° C. zu erwärmen. Beim Wachs beträgt diese Wärme 97°,5, beim Spermacet 80°, beim Zinn 277°,5. Um die Größe derselben zu bestimmen, bedient man sich am besten der Mischungsmethode. Nimmt man eine Quantität Eis $= m$ von 0° C., und Wasser $= M$ von T° C., dessen specif. Wärme $= \varsigma$, mischt beide mit einander, und findet die Temperatur der Mischung $= t$, so ist $\varsigma m t$ die Wärme, welche das aus dem Eis entstandene Wasser erhalten, aber $\varsigma M (T - t)$ diejenige, welche das Wasser verloren hat. Braucht nun die Masseneinheit des Eises zum Schmelzen die Wärmemenge x, so ist die zum Schmelzen der Masse m nöthige Wärme mx. Die verlorene Wärme des Wassers ist verbraucht, einmal um das Eis zu schmelzen, und hierzu war also nöthig mx, und dann um das hieraus entstandene Wasser bis auf t° zu erwärmen, wozu nöthig $\varsigma m t$. Es ist also offenbar

$$\varsigma m t + m x = \varsigma M (T - t) \text{ oder } x = \frac{\varsigma M (T - t) - \varsigma m t}{m}.$$

Wird nun dem Körper die zum Schmelzen nöthige Wärme entzogen, so wird er wieder fest, aber nicht stets an demselben Punkte der Wärmescale, bei welchem das Schmelzen eintritt. So kann man Wasser bis auf — 10° C. erkälten, ohne daß es erstarrt, wenn man es ruhig in einem enghalsigen Gefäße hinstellt, die geringste Erschütterung bringt es aber zum Gefrieren, wobei jedoch die Temperatur wieder auf 0° steigt.*)

Bei dem Festwerden der Körper wird nun die Wärme, die vorher gebunden war, wieder frei. Darum behält Wasser beim Gefrieren stets die Temperatur 0°, und steigt unter 0° erkältetes schnell im Augenblick des Gefrierens bis auf diesen Grad. Noch besser läßt sich die freiwerdende Wärme bei dem Erstarren des Glaubersalzes zeigen. Wird nämlich eine so sehr als möglich concentrirte Auflösung desselben bei der Siedehitze bereitet, noch warm in Gläser geschüttet, die an einem ruhigen Ort gestellt und durch einen Kork geschlossen sind: so ist nach der Abkühlung nur ein geringer Stoß oder ein kleiner Körper, wie z. B. ein Sandkorn, oder am besten ein Körnchen von krystallisirtem Glauber-

*) S. d. Art. Eis S. 32 ff.

salz, das hineingeworfen wird, nöthig, um die ganze Masse plötzlich krystallisiren zu lassen. Faßt man das vorher kalte Glas an, so wird man deutlich Wärme wahrnehmen. Man kann auch, um die schnelle Krystallisation zu bewirken, gleich ein Thermometer hineinhalten, und wird finden, daß es steigt. Es gehört hierher wohl auch die Erscheinung am phosphorsaurem Blei, das geschmolzen vor dem Löthrohre krystallisirt, und in diesem Augenblick, wo es dunkelroth glüht, schnell bis zum Weißglühen sich wieder erhitzt.

Wird eine tropfbare Flüssigkeit so weit erhitzt, daß sie sich in Dunst verwandelt, so sagt man, sie siedet. Das Wallen und Blasenwerfen dabei rührt aber von den gebildeten Dünsten her, welche von unten heraufsteigen. Ist die obere Wasserschicht noch nicht hinlänglich erhitzt, so werden die im untern stärker erhitzten Theile der Flüssigkeit aufsteigenden Dünste in dem obern kältern niedergeschlagen, und dieß verursacht jenes dem Sieden vorhergehende Geräusch. Merkwürdig ist hierbei der Leidenfrostsche Versuch. Bringt man nämlich in einen kleinen sehr stark erhitzten Platin- oder Silberlöffel einen Tropfen Wasser, so wird dieser in dem rothglühenden Platinlöffel nur sehr langsam verdampfen. Es liegt dabei der Tropfen nicht ruhig, sondern ist an dem Rande ausgebuchtet, und wenn man die Erscheinung genau betrachtet, so findet man, daß er abwechselnd die Form zweier ihre großen Achsen rechtwinklich habender Ellipsen annimmt. Bei der Schnelligkeit der Verwandlung einer Form in die andere ist der Eindruck der vorhergehenden noch nicht verschwunden, und man glaubt also zwei sich rechtwinklich kreuzende Ellipsen (oder vielmehr Ellipsoide) zu sehen. Erst wenn die Rothglühhitze verschwunden ist, verwandelt er sich mit einmal auf's schnellste und heftigste, man möchte sagen, mit einer kleinen Explosion in Dampf. Döbereiner machte den Tropfen in einem glühenden Platintiegel so groß, daß er ein Thermometer eintauchen konnte, und fand, daß die Temperatur noch nicht die Siedhitze erreichte, sondern ungefähr 79° R. war. Bei der schnellen Verdampfung nachher stieg sie aber bis zu 80° R. Schweigger zeigte, daß der Tropfen mit dem rothglühenden Platinlöffel gar nicht in Berührung sein könne, denn wenn er einen Tropfen Wasser auf eine Zinkplatte goß, und den rothglühenden Platinlöffel auf den Tropfen legte, so zeigte die Magnetnadel des Galvanometers auch nicht den geringsten Ausschlag, zum Beweise, daß die Kette durch den Wassertropfen nicht geschlossen war. Sobald aber die Verdampfung ihren Anfang nahm, schlug die Nadel aus.

Die Temperatur, bei welcher Flüssigkeiten sieden, ist bei den verschiedenen verschieden, und hängt von der Natur derselben und dem auf ihnen lastenden Druck ab. So siedet Wasser bei niederer Temperatur als Oel, Alkohol bei niederer als Wasser, und Aether bei niederer als Alkohol. Wird aber Weingeist mit Wasser gemischt, so liegt der Siedpunkt dieser Mischung höher als der des Weingeistes. Obwohl der Sidepunkt bei allen Auflösungen von Salzen im Wasser höher liegt als beim Wasser, so haben nach Rudberg die bei ihrem Sieden entstandenen Dünste dieselbe Temperatur wie die Dünste von reinem Wasser. Von unten nach oben zu nimmt in der Flüssigkeit die

Spannkraft ab, indem die untern durch eine größere Flüssigkeitssäule zusammengedrückt werden. An der Oberfläche angelangt ist aber die Spannkraft aller Dämpfe gleich, und wird durch den Barometerstand gemessen, und die Temperatur des austretenden Dampfes oder der obersten siedenden Schicht ist der genaue Siedpunkt der Flüssigkeit. So wie nun durch das Gewicht der Flüssigkeit selbst die Siedhitze vergrößert wird, so kann man letztere noch um so mehr erhöhen, wenn man den Druck verstärkt. Deßhalb siedet Wasser unter der Luftpumpe, wo die Luft verdünnt ist, ebenso wie auf hohen Bergen bei niederer Temperatur. Ja man kann die Erniedrigung des Siedpunktes bei Verminderung des Drucks zur Höhenmessung von Bergen anwenden. Auf dem Montblanc siedet das Wasser schon bei $86\frac{1}{2}^{\circ}$ C., auf dem Pic von Teneriffa bei $88^{\circ},7$ C., in Quito bei $90^{\circ},1$, in Mexico bei $92^{\circ},3$, im Hospiz auf dem St. Bernhard bei $92\frac{1}{2}^{\circ}$.*)

Ist der Luftdruck ganz entfernt, so siedet das Wasser schon durch die bloße Wärme der Hand, wie im sogenannten Pulshammer, der aus einer luftleeren mit Wasser angefüllten Röhre und auf beiden Seiten rechtwinklig angesetzten Kugeln besteht.**) Wenn aber die Dünste einer siedenden Flüssigkeit sich nicht entfernen können, so verstärkt ihr Druck den Druck der atmosphärischen Luft, und da neue Dünste nur sich bilden können, wenn sie eine jenem Drucke gleiche Spannkraft haben, so muß sich das Wasser bedeutend erhitzen. Deßhalb kann das Wasser im Papinschen Digestor eine zum Schmelzen des Zinns hinreichende Temperatur erlangen; und daher kommt es auch, daß das Wasser, wenn man während des Siedens das Gefäß luftdicht verschließt, gleich zu sieden aufhört, aber selbst vom Feuer entfernt zu sieden beginnt, wenn man die Dünste durch Erkältung niederschlägt.**)

So wie beim Schmelzen fester Körper Wärme gebunden wird, so geschieht auch beim Sieden die Dunstbildung auf Kosten eines Antheils freier Wärme, und so wie die Temperatur während des Schmelzens eines Körpers nicht steigt, so kann sie auch während des Siedens nicht erhöht werden. Durch Zurückführung des Dunstes in Wasser wird diese gebundene Wärme natürlich wieder frei. Um die Menge der gebundenen Wärme zu bestimmen, kann man sich des Apparates Fig. 177. Bd. I. bedienen. In A schüttet man die Flüssigkeit, die in Dunst verwandelt werden soll, ein, und läßt die Dünste durch das Rohr B in den schlangenförmigen Ansatz c gelangen, der von einer bestimmten Menge kalten Wassers umgeben ist, um die Dünste niederzuschlagen, und die dabei frei werdende Wärme in sich aufzunehmen. Ist T die Temperatur, M die Menge der Dünste, t und m dasselbe für das Wasser, welches die Schlangenröhre umgibt, vor dem Versuche, t′ die Temperatur desselben nach dem Versuche, x die von der Dunstmenge = 1 gebundene Wärme, so hat man

*) Vergl. d. Art. Höhenmessung, thermometrische.

**) Vergl. d. Art. Digestor.

$$M(T-t')+Mx=m(t'-t) \text{ oder } x=\frac{m(t'-t)-M(T-t')}{M}.$$

So hat man gefunden, daß um 1 Pfd. Wasser von 100° C. in Dunst zu verwandeln, so viel Wärme gebraucht wird, daß man 1 Pfd. Wasser von 0° auf 531° C. bringen könnte, und um 1 Pfd. siedend heißen Alkohol oder Schwefeläther in Dunst zu verwandeln, so viel, daß man erstern um 332°, letztern um 174°,5 C. erwärmen könnte.*) (Vergl. d. Art. Dampf).

Jede chemische Verbindung entwickelt Wärme oder Kälte. Dieser allgemeine Satz ist das Resultat aller Thatsachen, welche die Chemie hat sammeln können, sowohl in der anorganischen Natur, als in der Entwicklung der Pflanzenwelt und dem Wachsthum der lebendigen Geschöpfe, der fortgesetzten Erneuerung ihrer wägbaren Substanz. Alle diese Wärmequantitäten, welche bald bei der innigen Vereinigung der materiellen Elemente, bald bei ihrer Trennung entwickelt oder absorbirt werden, können wie die Quantitäten der specif. oder latenten Wärme verglichen und gemessen werden.

Um z. B. die Wärmequantität zu messen, welche durch das Bienenwachs entwickelt wird, wiegt man eine Kerze, zündet sie an, und läßt sie ungestört unter der Mündung der Schlangenröhre des Rumfordschen Calorimeters (Fig. 176. B.I.) brennen. Die Producte der Verbrennung erheben sich schnell, durchlaufen die Windungen der Schlangenröhre, setzen hier den Ueberschuß ihrer Wärme ab, und gehen mit der Temperatur des Wassers im Calorimeter fort. Beim Beginn des Versuches ist die Temperatur des Apparates 5 oder 6° unter der umgebenden Temperatur, und am Ende 5 bis 6° darüber; durch diese Vorsicht wird man der Mühe erledigt, die äußerlich angenommene oder verlorene Wärme in Rechnung zu bringen. Kennt man das Gewicht des Calorimeters selbst und die Capacität des Kupfers, aus dem es gearbeitet ist, das Gewicht des Wassers, welches dasselbe enthält und die Temperatur, bis zu welcher es sich erhebt, endlich das Gewicht des verbrannten Wachses, so kann man durch Rechnung und unter Anbringung der gehörigen Correcturen, die ganze Quantität Wärme bestimmen, welche 1 Gramme Wachs beim Verbrennen in der Luft entwickelt. Man findet auf diese Weise, daß 1 Gramme Wachs hinlänglich Wärme erzeugt, um die Temperatur eines Gewichtes flüssigen Wassers von ungefähr 10000 Gr. um 1° zu erhöhen. Man pflegt dieses Resultat auf eine andere Weise auszudrücken, indem man sagt, es werde hinreichend Wärme erzeugt, um 1 Gr. Wasser auf 10000° zu erheben. Dasselbe Verfahren kann auf die Verbrennung anderer Substanzen angewendet werden, aber das hat in allen Fällen den Uebelstand,

---

*) Eine Zusammenstellung der Temperaturen, bei denen die verschiedenen Substanzen sieden, und schmelzen, siehe im Art. Schmelzen und Sieden. — Ueber die Dampfbildung bei Temperaturen unter der Siedehitze, s. d. Art. Verdunstung.

daß bei ihm ein großer Theil der strahlenden Wärme verloren geht, die in die umgebende Luft geht, ohne in dem Apparate gesammelt zu werden. Lavoisier und Laplace ließen die Körper im innern Raume ihres Calorimeters verbrennen. Aber auch diese Methode hat einige Unbequemlichkeit, weil die Luft, welche die Verbrennung unterhält, erneuert werden muß, und die Wirkungen, welche dieß hervorbringen kann, in Rechnung gebracht werden müssen. Auch Desprez hat einige Versuche nach einer andern Methode angestellt. In folgender Tafel sind die von ihnen erhaltenen Resultate zusammengestellt. R bezeichnet die von Rumford erhaltenen Zahlen, LL die von Lavoisier und Laplace, D die von Desprez.

Namen der Substanzen.	Erhebung der Temperatur, welche 1 Gr. jeder Substanz beim Verbrennen mit Sauerstoff 1 Gr. Wasser mittheilen würde.	Erhebung der Temperatur, welche 1 Gr. Sauerstoff beim Verbrennen jeder Substanz 1 Gr. Wasser mittheilen würde.
Eisen	— D.	5325°
Wasserstoffgas	23400° LL.	2910
—	— D.	2578
Olivenöl	11166 LL.	3696
—	9044 R.	2993
Weißes Wachs,	10500 LL.	3355
—	9479 H.	3029
Rapsöl, gereinigtes	9307 R.	—
Talg	8369 R.	—
—	7186 LL.	—
Schwefeläther	8030 R.	3136
Phosphor	7500 LL.	5885
Kohle	7226 LL.	2722
—	— D.	2967
Naphta	7338 R.	—
Alkohol bei 42° Beaumé	6195 R.	3019
— wässriger	5422 R.	—
— bei 33°.	5261 R.	—
Sehr trocknes Holz	4314 R.	3093

Die organischen Körper scheinen sich den allgemeinen Gesetzen der Wärme zu entziehen, denn sie sind fast niemals von der Temperatur der Mittel, in welchen sie leben. Der menschliche Körper ist keineswegs von der Temperatur der Luft, die ihn umgibt; die Thiere der Polargegenden sind wärmer als das Eis, auf welchem sie ruhen; die Thiere der Aequatorialgegenden kälter als die brennende Luft, welche sie athmen. Die Vögel haben keineswegs die Temperatur der Atmosphäre, noch die Fische die Temperatur des Wassers, in welches sie getaucht sind. Es gibt mithin in den organischen Körpern eine eigenthümliche Wärme, oder vielmehr ein Mittel, um nach Bedürfniß Wärme oder Kälte zu erzeugen; denn die wägbare Materie, aus welcher sie bestehen,

muß nothwendig als solche den allemeinen Gesetzen vom Gleichgewicht der Temperatur unterworfen sein. Diese Grundfrage über die Wärme der lebenden Körper reducirt sich auf drei wesentliche Punkte: 1) welche Temperatur haben sie? 2) welche Quantitäten Wärme können sie in einer gegebenen Zeit erzeugen? 3) durch welche Mittel können diese Wärmequantitäten erzeugt werden?

Was den menschlichen Körper betrifft, so scheint die innere Temperatur in den verschiedenen Organen dieselbe zu sein, und sie scheint dieselbe zu sein, welche man erhält, wenn man ein kleines Thermometer unter die Zunge bringt und der Mund genau verschlossen bleibt während der ganzen Zeit, in welcher das Thermometer seinen Stand verändert. Diese Temperatur ist 37° C.; der Zustand der Gesundheit und Krankheit, das Alter und das Klima können darin nur geringe Veränderungen hervorbringen. John Davy hat über diesen Gegenstand auf seinen Reisen interessante Beobachtungen angestellt, besonders auf einer Ueberfahrt von England nach der Insel Ceylon. Indem er in verschiedenen Breiten die Temperatur verschiedener Menschen von der Schiffsmannschaft nahm, bemerkte er, daß sie zunahm, je tiefer sie in die heißen Länder kamen. Diese Zunahme ist jedoch stets schwach, denn sie beträgt nicht mehr als etwa 1 Grad. Zu gleicher Zeit nahm John Davy die Temperaturen von Eingebornen auf Ceylon, von den Hottentotten, den Negern von Madagaskar und Mozambique, von Abinos, Malayen, Cipayen, Budhapriestern, welche nur Hülsenfrüchte genießen, und von Vaida's, welche nur Fleisch essen. Alle diese Temperaturen sind sehr wenig verschieden; die niedrigste von allen ist 35,8, welche zwei Hottentotten vom Kap der guten Hoffnung gehört, die höchste 38,9, welche zwei in Colombo gebornen, europäischen Kindern gehörte, von denen das eine 8, das andere 12 Jahr alt war.*) John Davy hat über diesen Gegenstand eine große Anzahl von Beobachtungen angestellt.

Namen der Thiere.	Temperatur nach Graden C.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
Säugethiere.			
Affe	+39°,7	+30°	Colombo.
Das kurzgeschwänzte Schuppenthier	26,7	27	ebend.
Fledermaus	37,8	28	—
dies.	38,3	28	—
Vampir	37,8	21	—
Eichhörnchen	38,8	27	—
Gem. Ratte	38,8	26,5	—
Gem. Hase	37,8	26,5	—
Ichneumon	39,4	27	—

*) Douville hat auf einer Reise in Afrika Versuche über die Blutwärme von Negern angestellt, aus denen er den Schluß zieht, daß bei jungen Ne-

Namen der Thiere.	Temperatur nach Graden C.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
Tiger	+37,2°	+26,5°	Colombo.
Hund	39,0	26,5	Kandy.
ders.	39,6	26,5	ebend.
Schakal	38,3	29	Colombo.
Gem. Katze.	38,3	15	London.
dies.	38,9	26	Kandy.
Panther	38,9	27	Colombo.
Pferd (arabische Raçe)	37,5	26	Kandy.
Hammel	39,3 bis 40,0	Frühling	Schottland.
ders.	39,5 bis 40,0	19	Cap der gut. Hoffnung.
—	40,0 bis 40,5	26	Colombo.
Ziegenbock	39,5	26	ebend.
Ziege	40,0	26	—
Ochs	38,9	Frühling	Edinburg.
ders.	38,9	26	Kandy.
Hirschkuh	39,4	25,6	Colombo.
Schwein	40,5	25,6	Doombera.
Elephant	37,5	26,7	Colombo.
Meerschwein	37,8	23,7	Im Meer 8° 23′ n. Br.
Vögel.			
Weihe (Milan)	37,2	25,3	Colombo.
Käutzchen	40,0	15,6	London.
Papagei	41,1	24,0	Kandy.
Dohle	42,1	31,5	Ceylon.
Gem. Drossel	42,8	15,5	London.
Gem. Sperling	42,1	26,6	Kandy.
Gem. Taube	42,1	15,5	London.
dies.	43,0	25,5	Colombo.
—	43,3	25,5	ebend.
Huhn (Poule de Jungles)	42,0	25,5	Ceylon.
dass.	42,5	25,5	ebend.
Gem. Huhn	42,5	4,5	Edinburg.
dass.	43,3	25,5	Colombo.
—	42,2	25,5	ebend.
Alter Hahn	43,3	25,5	—
Ausgewachsener Hahn	43,9	25,5	—
Huhn von Guinea	43,9	25,5	Bei Colombo.
Truthahn	42,7	25,5	ebend.
Sturmvogel	40,3	26	Im Meer 2° 3′ n. Br.
Cap-St.	40,8	15	ebend. 34° südl. Br.
Gem. Gans	41,7	25,5	Bei Colombo.
Gem. Ente	43,9	25,5	ebend.

gern das Blut wärmer ist als bei alten, und bei diesen wärmer als bei Weißen. Das Thermometer wurde beobachtet, indem es von der Hand umschlossen wurde, und die Weißen und Neger zeigten einen Temperaturunterschied von ungefähr 2° R. Derselbe Reisende glaubt auch gefunden zu haben, daß die Wärme mit den geistigen Fähigkeiten in umgekehrtem Verhältniß stehe.

Namen der Thiere.	Temperatur nach Graden C.	Umgebende Temperatur.	Ort der Beobachtung.
Amphibien.			
Schildkröte	+28,9°	+26°	Im Meer 2° 27′ n. Br.
dies.	29,4	32	Colombo.
Geometr. Schildkröte	16,9	16	Cap der gut. Hoffnung.
dies.	30,5	26,6	Colombo.
Rana Ventricosa	25,0	26,7	Kandy.
Kropfeidechse (Iguana)	29,0	27,8	Colombo.
Schlange	31,4	27,5	ebend.
dies.	29,2	28,1	—
—	32,2	28,3	—
Fische.			
Hayfisch	25,0	23,7	Im Meer 8° 23′ n. Br.
Breitfisch im Herzen	27,8	27,2	ebend. 1° 14′ südl. Br.
— in den innern Muskeln	37,2	27,2	—
Gem. Forelle	14,4	13,3	Bei Edinburg.
Flieg. Fisch	25,5	25,3	Im Meer 6° 57′ n. Br.
Molusken.			
Gem. Auster	27,8	27,8	Bei Colombo.
Schnecke	24,6	″	Kandy.
Crustaceen.			
Krebs	26,1	26,7	Colombo.
Krabbe	22,2	22,2	Gegend von Kandy.
Insekten.			
Käfer (Scarabée)	25,0	24,3	Kandy.
Johanniswurm	23,3	22,8	ebend.
Blatta orientalis	23,9	28,3	—
dies.	23,9	23,3	—
Grille	22,5	16,7	Cap der gut. Hoffnung.
Wespe	24,4	23,9	Kandy.
Scorpion	25,3	26,1	ebend.
Vielfuß (Julus)	25,8	26,6	—

Bei den Amphibien ist die Zahl in der Columne „Umgebende Temperatur" die Temperatur der Luft, bei den Fischen, der gem. Auster und der Krabbe die des Meeres. — Wie man sieht, sind die Vögel unter allen Thieren diejenigen, deren Temperatur am höchsten ist; dann kommen die Säugethiere, hierauf die Amphibien, die Fische und gewisse Insekten. Die letzte Klasse bilden die Molusken und Crustaceen, welche ziemlich die umgebende Temperatur haben, so wie dieses auch mit den Würmern der Fall ist, mit denen man bis jetzt Untersuchungen angestellt hat. Der Breitfisch bietet ein merkwürdiges Beispiel dar. Während das Meer 27°,2 hat, so wird die Temperatur des Breitfisches im Herzen 27°,8 gefunden, 37°,2 in den innern Muskeln.

Das Herz liegt sehr nahe an der Oberfläche. — Nobili und Melloni haben durch genaue Beobachtungen (mittels der Thermomultiplicators) gefunden, daß die Temperatur der Insekten etwas höher sei als die der umgebenden Luft, ein Resultat, zu dem auch Davy im Allgemeinen, jedoch mit mehren Ausnahmen gekommen war. Sie zogen 40 Species aus allen Klassen in den Versuch. Beim Vergleiche der Resultate, welche sie bei der Ordnung der Lepidopteren (Schmetterlinge) erhielten, fanden sie das merkwürdige Gesetz: die Raupen besitzen immer eine höhere Temperatur als die Puppen und Schmetterlinge.

Die Wärmequantitäten können mittels des Calorimeters bestimmt werden, und Lavoisier und Laplace haben das von ihnen erfundene Instrument zu derartigen Untersuchungen benutzt. Zuletzt hat Dulong sich eines anderen sehr genauen Mittels bedient. Das Thier, welches in den Versuch gezogen werden soll, wird eingeschlossen in einen Kasten von dünnem Kupfer, welcher in eine große Masse Wasser gesenkt ist; die Luft, welche es zum Athmen nöthig hat, wird durch einen Gasometer geliefert, die Produkte der Athmung werden nach Außen abgeleitet; sie treten mit der Temperatur der Wassermasse aus, und werden gesammelt und analysirt. Der Versuch dauert ungefähr 2 Stunden, und aus der Erhebung der Temperatur des Wassers urtheilt man, nach Anbringung aller nöthigen Correcturen, wie groß die Quantität Wärme sei, welche das Thier bei dem Versuche geliefert hat. Dulong hat diese Wärmequantitäten mit großer Genauigkeit bestimmt, für verschiedene junge oder ausgewachsene, fleisch- oder pflanzenfressende Thiere. Da diese Thiere weder gezwängt noch abgemattet werden, so müssen sie, um in jedem Augenblicke Wärme verlieren zu können, auch in jedem Augenblicke eine gleiche Quantität erzeugen.

Die Luft, welche zum Athmen gedient hat, ist auf dieselbe Weise umgeändert, wie diejenige, die zur Verbrennung gedient hat. Der Sauerstoff hat sich zum Theil mit Kohlenstoff verbunden, und Kohlensäure gebildet. Es geht also in den Lungen eine wirkliche Verbrennung vor sich. Lavoisier hat diese Entdeckung zuerst gemacht, und die thierische Wärme findet ihre Erklärung in der Erscheinung des Athmens. Dulong hat zuerst, wie gezeigt wurde, die Wärmequantität bestimmt, welche ein Thier in einer gewissen Zeit verliert, und hat die durch die Athmung erzeugte Wärme zu berechnen gesucht. Die dem Thiere gelieferte Luft wird vom Gasometer gemessen, die Veränderungen, welche sie erleidet, werden durch die Analyse bestimmt. Sie sind folgende: 1) sie tritt feuchter aus; 2) ein Theil des Sauerstoffes ist durch Kohlensäure ersetzt; 3) ein anderer Theil des Sauerstoffes ist verschwunden; 4) das Stickgas erleidet nur geringe Veränderungen. Vorausgesetzt, daß der Sauerstoff, welcher in Gestalt von Kohlensäure austritt, sich wirklich während des Athmens mit Kohlenstoff verbunden hat, oder nach der Absorption, so kann man die daraus sich ergebende Wärmequantität berechnen. Angenommen ferner, daß sich die verschwundene Quantität Sauerstoff mit Wasserstoff zur Bildung von Wasser verbunden hat, so kann man gleichfalls die daraus folgende Wärmequantität berechnen. Die Summe dieser beiden Wärmequantitäten stellt

gewiß alle Wärme vor, welche durch die Athmung erzeugt werden kann; nun gibt aber diese Summe der Erfahrung nach in gewissen Fällen $\frac{9}{10}$ der von dem Thiere verlorenen Wärme, in anderen Fällen nur $\frac{8}{10}$. Nach diesem von Dulong gefundenen Resultate scheint es, als müsse es in dem Thiere noch eine andere Wärmequelle als die Athmung geben, die in den verschiedenen Ausscheidungen, welche in jedem Augenblicke vor sich gehen, oder in der bald mehr bald weniger bedeutenden Thätigkeit des Nervensystems zu suchen ist.*)

Die Quellen der Wärme sind sehr mannigfaltig. Alle Gase entwickeln durch die Zusammendrückung Wärme. Man kann den Versuch mittels eines Apparates, ähnlich dem Tachopyrion, (s. d. Art. Feuerzeug S. 432, Bd. II. Fig. 154.) anstellen. Ist das Gas unter dem Kolben, welches zusammengedrückt wird, atmosphärische Luft oder Sauerstoff, so wird bekanntlich durch einen lebhaften Druck soviel Wärme entwickelt, daß Schwamm entzündet wird. Die anderen Gase bringen die Entzündung nicht hervor, weil sie keine verbrennenden Körper sind, aber alle erhitzen sich, und drei Gase: Luft, Sauerstoff und Chlor erhitzen sich bei einer schnellen und starken Zusammenpressung hinlänglich um im Finstern zu leuchten. Man schloß aus diesem Resultate auf eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Gase, aber Thénard hat gezeigt, daß diese Gase nur leuchtend werden, weil sie sich mit dem Fette des Kolbens (womit dieser eingeschmiert) oder mit einigen andern fremden Körpern verbinden. — Umgekehrt bringen alle Gase bei der Ausdehnung Kälte hervor. Um sich hiervon zu überzeugen, hängt man ein Thermometer in die Mitte einer Glocke oder einer Kugel, die auf eine Luftpumpe geschraubt ist, und entleert sie. So wie sich die Luft oder das Gas verdünnt, fällt das Thermometer und man kann auf diese Weise ein Sinken des Quecksilbers bis 8 oder 10° unter die um-

*) Hermann macht folgende Bemerk. Man hat die Meinung aufgestellt, daß die thierische Wärme durch einen dem Verbrennungsprocesse analogen chemischen Proceß erzeugt würde, der beim Athmen stattfinden soll. Wenn dieß der Fall wäre, so müßten die Thiere, die beim Athmen kein Wasser aus seinen Elementen bilden, so viel Wärme ausstrahlen, als der Kohlenstoff, den sie zu Kohlensäure umbilden, bei seinem Verbrennen geben würde. Wir fanden, daß in den Nahrungsmitteln, die drei Finken in 48 St. zu sich nehmen, 165,2 Gr. Kohlenstoff enthalten war, den sie zu Kohlensäure umbilden und ausathmen müßten. Dieselben Finken schmolzen in derselben Zeit im Lavoisierschen Calorimeter 16960 Gr. Eis. Nimmt man mit Despretz an, daß 1 Th. Kohle bei ihrer Umbildung zu Kohlensäure 104 Th. Eis schmelze, so müssen jene 165,2 Gran Kohlenstoff 17180 Gran Eis schmelzen. Man kann daher die Voraussetzung als richtig betrachten, daß die thierische Wärme durch die chemischen Processe der Verdauung und des Athmens erzeugt werde. Bei Thieren, die bei ihrem Athmen kein Wasser aus ihren Elementen bilden, ist die Wärmeentwicklung proportional der Differenz des Kohlenstoffgehaltes der Nahrungsmittel und der Excremente.

gebende Temperatur bewirken. Diese doppelte Wirkung scheint in den Apparaten für tragbares Gas zur Beleuchtung vor sich zu gehen. Diese Apparate sind starke Cylinder von 2 bis 3 Fuß Länge, welche an beiden Enden in Halbkugeln ausgehen. Bringt man sie mit dem Gasometer in Verbindung, um sie unter einem Drucke von 30 Atmosphären zu füllen, so bemerkt man an dem Ende, durch welches das Gas eintritt, ein Sinken und am entgegengesetzten Ende ein Steigen der Temperatur. Diese beiden Erscheinungen der Erzeugung und Verschluckung von Wärme erklären sich hinreichend durch die Capacitätsveränderungen, welche bei den Gasen die Dichtigkeitsveränderungen begleiten. Angenommen die Zusammendrückung oder Ausdehnung geschehe in einem für die Wärme undurchdringlichen Gefäße, so kommt Poisson zu folgender Formel für die Veränderungen der Temperatur, welche den Veränderungen des Volumens entsprechen:

$$x = (266^\circ,67 + t)\left(\frac{d'}{d}\right)^{k-1} - 269^\circ,67.$$

Hierin bezeichnet t die ursprüngliche Temperatur des Gases, d seine ursprüngliche Dichte, d′ seine Dichte nach der Zusammendrückung oder Ausdehnung, x seine der Dichte d′ entsprechende Temperatur, k das Verhältniß seiner Capacität unter einem constanten Drucke zu seiner Capacität unter einem constanten Volumen; für Luft ist der Werth von $k = 1,375$. — Gay-Lussac hat über die Wärme der Gase zwei andere Beobachtungen gemacht, deren Erklärung schwieriger ist. 1) Die Luft, welche aus einem Gefäß entweicht, indem sie durch eine Oeffnung unter irgend welchem Drucke bläst, ändert ihre Temperatur nicht, obgleich sie beim Austreten aus dem Gefäße sich ausdehnt. 2) Wird in einer Kugel ein luftleerer Raum erzeugt, oder nur die Luft verdünnt, so bewirkt der Wiedereintritt der äußern Luft eine Temperaturerhebung um mehre Grade. Aus der ersten Beobachtung scheint hervorzugehen, daß eine Wärmeentwicklung beim Wehen der Luft stattfindet, und daß diese Wärme um so bedeutender ist, je größer der bei dem Wehen erzeugte Unterschied des Druckes ist, so daß die Erwärmung genau die durch die Ausdehnung erzeugte Kälte aufwiegt. Auf diese Weise erklärt sich die zweite Beobachtung aus der ersten.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß ein Metall sich erhitzt, wenn man es z. B. durch den Stoß des Prägstockes auf dem Amboß schlägt, oder wenn es schnell und heftig zusammengepreßt wird. Es war von Interesse zu beobachten, ob diese Wärmeentbindung von einer bleibenden Verminderung des Volumens begleitet ist. Denn wenn der Körper einen Augenblick in seinem Volumen vermindert, und dann sogleich wieder zurückgekehrt wäre, so würde kein Grund zur Wärmeerzeugung vorhanden sein. Nun ergibt sich aber aus einigen Versuchen von Berthollet, Biot und Pictet, daß das Kupfer und das Silber, welche unter einem ersten Schlage des Prägstockes viel Wärme entwickeln, unter dem zweiten Schlage weniger Wärme erzeugen, und noch weniger unter dem dritten. Sind sie endlich so sehr verdichtet, daß ihre Bestandtheile nicht näher auf bleibende Weise zusammenzukommen

vermögen, so bewirken die heftigsten Schläge keine weitere Temperaturerhöhung. Auf diesem Punkte der Verdichtung verhalten sie sich wie die Flüssigkeiten; sie können ohne Zweifel noch weiter zusammengepreßt werden, aber sie kehren augenblicklich in ihr früheres Volumen zurück, und die Wärme, welche sie bei dieser augenblicklichen Zusammendrückung entwickeln, ist gleich der, welche sie bei der gleich darauf folgenden Ausdehnung absorbiren.

Die Metalle, das Holz und alle festen Körper entwickeln durch Reibung Wärme. Ein Rad fängt Feuer, wenn es sich sehr schnell um seine Axe dreht; die Zapfen der Räder an den Rotationsmaschinen erhitzen sich so, daß sie fast ihre Unterlagen entzünden; das Holz selbst entzündet sich durch Reibung an Holz, und dieses Mittel der Feuererzeugung ist bekanntlich das einzige Feuerzeug der Wilden; zwei Eisstücke unter 0° geben aneinander gerieben hinlänglich Wärme, um sich an ihren Oberflächen zu schmelzen. Die bei der Reibung stattfindende Wärmeentwicklung ist zum Theil so bedeutend, daß man sie nicht sowohl als Folge einer bleibenden Zusammendrückung ansehen kann, sondern sie wohl mit Rumford wenigstens zum Theil den Vibrationsbewegungen der geriebenen Bestandtheilchen zuschreiben muß. Folgende Versuche sprechen für diese Annahme. Eine Legirung von 1 Th. Eisen und 2 Th. Spießglas gibt unter der Feile lebhafte Feuerfunken; es werden also die Theilchen der Feilspähne durch die Reibung zur Temperatur der Verbrennung gebracht. Bei dem gemeinen Feuerzeuge reißen die rauhen Schärfen des Feuersteines Furchen in den Stahl und reißen Stückchen davon ab, welche gleichfalls hinreichend erhitzt sind, um sich in der Luft zu entzünden und in Gestalt kleiner durch die Schmelzung abgerundeter Kügelchen und zum Theil verbrannt herabzufallen. Rumford ließ auf dem Boden einer erzenen Kanone, welche senkrecht aufgestellt und mit Wasser gefüllt war, einen Bohrer unter einem heftigen Drucke schnell umdrehen. In einer Zeit von 2 Stunden waren 4145 Grains (engl. Gew.) Erz in Staub verwandelt, und die entwickelte Wärme war im Stande 26 Pfd. Wasser von 0° auf 100° zu bringen. Diese Wärme kam ohne Zweifel nicht von einer Veränderung der Dichte der Erzmasse oder der abgelösten Spähne, denn diese hatten merklich dieselbe Wärmecapacität wie die Erzmasse.

Bekanntlich ist die Veränderung des Aggregationszustandes der Körper Veranlassung zur Absorption oder Entwicklung von Wärme, und es ist leicht, die Wärmequantitäten, um die es sich hier handelt, zu bestimmen. Man findet aber große Schwierigkeiten, wenn man versucht, diese Erscheinungen aus den verschiedenen Capacitäten für die Wärme zu erklären, welche die Körper in den verschiedenen Zuständen als feste, tropfbarflüssige und ausdehnsamflüssige annehmen. Jeder feste Körper entwickelt Wärme, sobald er von einem flüssigen benetzt wird. Diese allgemeine Thatsache ist das Resultat einer Reihe von Beobachtungen, welche Pouillet angestellt. Die Flüssigkeiten waren Wasser, Oel, Weingeist und Essigäther; die festen Körper waren theils aus dem anorganischen, theils aus dem organischen Reiche; sie waren in Pulverform gebracht, damit die Wirkung desto merk-

licher wäre. Unter der großen Menge, welche in den Versuch gezogen wurde, machte auch nicht einer eine Ausnahme. In den meisten Fällen betrug die Erhöhung der Temperatur nicht über ¼ oder ⅓ Grad, einigemal aber stieg sie bis 10°. Die Wirkung der Bestandtheilchen (Molecular-Wirkung) des flüssigen und des festen Körpers aufeinander, welche unter diesen Umständen erfolgt, ist keine chemische Wirkung; sie geht zugleich nur auf einem sehr geringen Theil der Masse vor sich, und man bemerkt doch, welche Quantität Wärme sie entwickelt; die Bestandtheilchen, welche hierbei in Thätigkeit sind, um diese Wirkung hervorzubringen, müssen sich selbst wohl in sehr hohen Temperaturen befinden. Diese Wirkungen sind nach Pouillet der stärkste Beweis, daß die Molecular-Schwingungen Wärme entwickeln.

Eine der merkwürdigsten Wärmequellen ist die Einwirkung des fein getheilten Platins u. A. auf Wasserstoffgas, welche bekanntlich Entzündung des Letztern zur Folge hat.*) Dulong und Thénard haben über diesen Gegenstand eine große Anzahl von Versuchen angestellt, und sind zu folgenden Resultaten gekommen: 1) Palladium, Rhodium und Iridium verhalten sich wie Platina; — 2) das Osmium wirkt auch bei 45°, das Gold bei 120° C.; — 3) die Kohle, das Glas, der Bimstein und das Porzellan wirken gleichfalls aber bei Temperaturen um 250°; — 4) alle Körper verlieren die Eigenschaft, von welcher die Rede, durch einen zu langen Aufenthalt in der Luft, aber es reicht hin sie zu glühen, um sie ihnen wieder zu geben.

Die chemischen Verbindungen sind auf der Erdoberfläche die reichlichsten Wärmequellen. (S. oben S. 840).

Als eines Mittels Kälte zu erzeugen, bedient man sich der sogenannten Frostmischungen. Man setzt ein kleines Gefäß mit dem Wasser, welches man zum Gefrieren bringen will, in ein größeres, welches die Frostmischung enthält. Diese Mischungen sind weder an sich noch bleibend kalt, sondern erzeugen nur einen hohen Kältegrad, weil bei der Vereinigung und Schmelzung ihrer Bestandtheile eine große Quantität Wärme verzehrt wird. In folgender Tabelle sind eine Anzahl derartiger Mischungen zusammengestellt. Die in ihr vorkommende verdünnte Schwefelsäure besteht aus 11 Gewichtstheilen Wasser und 10 Th. Vitriolöl, die verdünnte Salpetersäure aus 1 Th. Wasser und 2 Th. rauchender Säure. Die Salze sind mit ihrem vollen Gehalte von Krystallwasser vorausgesetzt. Sie wirken um so besser, je feiner gepulvert sie angewendet werden, und ebenso ist der feinste lockerste Schnee am wirksamsten.

---

*) Vergl. d. Art. Feuerzeug S. 435; Platin S. 151; Verbrennung S. 737 und Wasserstoff.

Frostmischungen.	Das Réaum. Thermometer sinkt	
	von	auf
4 Theile Aetzkali, 3 Th. Schnee..........	0	— 37
3 Th. salzs. Kalk, 2 Th. Schnee...........	0	— 36
1 T. Schnee, 1 T. verdünnte Schwefelsäure	— 5	— 41
5 T. Glaubersalz, 4 T. verdünnte Schwefels.	+ 10	— 14
5 T. Salmiak, 5 T. Salpeter, 8 T. Glaubersalz, 16 T. Wasser.................	+ 10	— 12½
1 T. salpeters. Ammoniak, 1 T. Wasser......	+ 10	— 12½
500 T. Schwefelsäure mit 333 T. Wasser verdünnt und 1040 T. Glaubersalz...	+ 10	— 12
8 T. Glaubersalz, 5 T. verdünnte Salzsäure	+ 8	— 13½
3 T. Glaubersalz, 2 T. verdünnte Salpeters.	+ 10	— 11
2 T. Schnee, 1 T. verdünnte Schwefels., 1 T. verd. Salpeters....................	— 19	— 40
1 T. salpeters. Ammoniak, 1 T. kohlens. Natron, 1 T. Wasser......................	+ 10	— 11
5 T. Salmiak, 5 T. Salpeter, 8 Th. Glaubersalz	+ 8	— 12
6 T. Glaubersalz, 5 T. salpeters. Ammoniak, 4 T. verd. Salpeters..................	+ 10	— 8
500 T. Schwefels., verd. mit 208 T. Wasser und 885 T. Glaubersalz.............. ..	+ 10	— 8
10 T. Salpeter, 32 T. Salmiak, 57 T. salzs. Kali, 25 T. Wasser....................	+ 8	— 8
3 T. salzs. Kalk, 1 T. Schnee..............	— 32	— 47
1 T. Schnee, 1 T. Kochsalz................	0	— 14
1 T. Schnee, 1 T. verd. Salpeters..........	— 14	— 35
10 T. verd. Schwefels., 8 T. Schnee.........	— 44	— 55
2 T. salzs. Kalk, 1 T. Schnee..............	— 14	— 44
1 T. Schnee, 5 T. Kochsalz, 5 T. Salmiak oder Salpeter...........................	— 16	— 22
12 T. Schnee, 5 T. Kochsalz, 5 T. salpeters. Ammoniak..............................	— 22	— 25
2 T. Schnee, 1 T. Kochsalz................	— 14	— 17
Eis oder Schnee in Alkohol geworfen.........	?	?

Ueber die durch Elektricität erregte Wärme, s. d. Art. Galvanismus.

Alle bisher angeführten Wärmequellen reichen nicht hin, die Wärmeerscheinungen der Erde zu erklären. Von diesen sind die wichtigsten Thatsachen im Art. Erde beigebracht worden, und es ist hier nur über die Beobachtungsart und namentlich über die Thermometerschwankungen in der Luft an der Oberfläche der Erde Nachträgliches beizubringen, woran sich dann eine allgemeine Erörterung der Quellen der Erdwärme, namentlich des erwärmenden Einflusses der Sonne schließen soll.

Pouillet beschreibt ein Instrument dessen er sich mit Vortheil bei genauer Beobachtung der Luft an der Oberfläche des Erdbodens und zur Schätzung der Irrthümer bedient hat, denen man beim Gebrauch

der gewöhnlichen Thermometer ausgesetzt ist.*) RR′ (Fig. 411.) ist ein mit Quecksilber gefüllter Behälter von Eisen, an den man unverrückbar ein gewöhnliches Thermometer T und ein Differential-Thermometer DD′ befestigt, welches mit großer Sorgfalt graduirt worden ist. Das Thermometer T gibt genau die Temperatur der Kugel B an, und man braucht nur die Stellung der Flüssigkeitssäule zwischen den Punkten D und D′ zu beobachten, um daraus streng die Temperatur der Kugel B′ abzuleiten. Es ist daher nur noch nöthig, die Kugel B′ so einzurichten, daß diese Kugel B′ immer in jedem Augenblicke die Temperatur der Luft annehme, welchen Zweck man möglichst erreicht, wenn man sie leicht macht und ihre Oberfläche vergoldet. Aus dem Gange dieses Instrumentes verglichen mit dem eines gewöhnlichen Thermometers, welches frei an einem geeigneten Orte aufgestellt ist, schließt Pouillet: daß die durch die gewöhnlichen Methoden gefundene Temperatur um mehr als 1 Grad über der wahren Temperatur der Luft sein kann. Die Vorsichtsmaßregeln unter denen das Thermometer zu gebrauchen, sind im Art. Thermometer S. 708 angegeben. Die **mittlere Temperatur** eines Ortes bestimmte man früher im Allgemeinen so, daß man die höchste und die niedrigste Temperatur im

*) Pouillet bemerkt im Allgemeinen Folgendes. Wenn man sich vornimmt, die Temperaturen eines Ortes durch beständige Beobachtungen zu bestimmen, so muß man die größte Sorgfalt in der Wahl und Aufstellung der Instrumente anwenden. Jedes Thermometer ist gut, wenn es gut construirt ist, vorausgesetzt, daß es nach richtigen Principien graduirt ist, und daß es von Zeit zu Zeit in Bezug auf eine etwaige Veränderung des Nullpunktes controllirt werde. (Vergl. d. Art. Thermometer). Unter diesen Bedingungen ist die Wahl der Substanz nur von geringem Einfluß. Man kann sich des Quecksilbers, der Weingeistes, des Wassers, des Oels oder jeder andern Substanz bedienen, welche im Stande ist, die Temperaturveränderungen ohne Veränderung ihres Aggregationszustandes zu ertragen. Doch müssen die Masse des Instrumentes und sein Strahlungsvermögen in Betrachtung gezogen werden. Ein großes Thermometer kann ungenau werden durch seine Unempfindlichkeit, denn wenn es z. B. 2 oder 3 Stunden braucht, um die umgebende Temperatur anzunehmen, so wird es die vorübergehenden Veränderungen der Temperatur nur falsch anzeigen; ein kleines Thermometer dagegen wird treu und in jedem Augenblicke die Einflüsse, die auf dasselbe wirken, wiedergeben. Ein Thermometer mit großem Strahlungsvermögen kann ungenau werden durch seine Empfindlichkeit, denn es erwärmt sich und erkaltet aus zwei Ursachen: durch die Berührung der Luft und durch die Strahlung, welche dann einen merklichen Theil der ganzen Wirkung ausübt. Da man nun aber nur die Temperatur der freien Luftmasse sucht, so muß man sich offenbar soviel als möglich vor dem Strahlungsvermögen des Thermometers sichern, und auf dasselbe nur die Berührung der Luft wirken lassen, deren Temperatur man kennen will.

Laufe eines Jahres suchte, beide addirte und mit 2 dividirte. Dieses Verfahren ist unsicher, weil dabei auf Extreme Rücksicht genommen wird, welche am weitesten und unregelmäßig entfernt von derjenigen Temperatur liegen, welche wirklich die mittlere ist. Jetzt nennt man die mittlere Temperatur eines Tages die Summe der Resultate einer Anzahl von im Laufe eines Tages gemachten Beobachtungen, dividirt durch die Anzahl der Beobachtungen. Je größer diese Anzahl ist, desto genauer wird man im Allgemeinen die mittlere Tagestemperatur finden. Da die allzuzahlreichen Beobachtungen höchst lästig sein würden, so hat man auf Methoden gesonnen, welche ein Resultat geben, welches mit dem der wahren mittleren Tagestemperatur übereinstimmt. Man kann sich folgender 2 Methoden bedienen:

1) Das Mittel nehmen aus drei Beobachtungen, von denen die erste beim Aufgang der Sonne, die zweite um 2 Uhr Nachmittags, die dritte bei Untergang der Sonne gemacht worden. So z. B. gab am 17. Jan. 1830 das Thermometer zu Paris

beim Aufgang der Sonne . . .	— 18°
um 2 Uhr Nachmittags	— 10
beim Untergang der Sonne . . .	— 13
Summa . .	41

wovon der dritte Theil — 13°,6 ist; die mittlere Temperatur des 17. Jan. 1830; das Maximum des Jahres.

2) Das Mittel zweier Temperaturen nehmen: des Maximums (höchsten Thermometerstandes) und des Minimums (niedrigsten Thermometerstandes) des Tages. So hatte man den 29. Juli 1830 zu Paris

den höchsten Thermometerstand . . .	31°	um $3^h \frac{1}{2}$
den niedrigsten Thermometerstand . .	20,5	um 4^h Morgens
Summa . .	51,5.	

Die Hälfte davon ist 25°,75, die mittlere Temperatur des 29. Juli 1830; das Maximum des Jahres. Dieser letztern Methode bedient man sich auf dem pariser Observatorium.

Die mittlere Temperatur eines Monates ist die Summe der mittleren Temperaturen aller Tage des Monates, dividirt durch die Anzahl der Tage. Bei vielen Beobachtungsverzeichnissen pflegt man die mittlere Temperatur von je 10 Tagen zu suchen, und aus den drei Monatsangaben dann das Mittel zu nehmen. So hat man für den Juli 1830 folgende drei Angaben

vom 1 bis 10 . . .	16,3
vom 11 bis 21 . . .	18,5
vom 21 bis 31 . . .	21,8
Summa . .	56,6

davon ist ein Drittheil 18,9 die mittlere Temperatur des Juli 1830.

Die mittlere Temperatur des Jahres ist die Summe der mittleren Temperaturen der 12 Monate, dividirt durch 12. Man kommt jedoch ziemlich zu demselben Resultate durch zwei andere Methoden, nämlich: 1) wenn man nur das Mittel des Einen Monates

October nimmt; 2) wenn man das Mittel der entsprechenden Temperaturen einer einzigen Stunde des Jahres nimmt, für die Breite von Paris 9 Uhr Morgens. Folgende 2 Tafeln werden eine Vorstellung geben von der Genauigkeit der beiden annähernden Methoden.

I. Vergleich der wahren Jahresmittel mit dem Mittel des Monats October (nach Humboldt).

Namen der Orte.	Mittlere Temperatur des Jahres.	Mittlere Temperatur des Monats October.	Mittlere Temperatur der Monats April.
Cairo	22°4	22°4	25°5
Algier	21,0	22,3	17,0
Natchez	18,9	20,2	19,1
Rom	15,8	16,7	13,0
Mailand	13,2	14,5	13,1
Cincinnati	12,0	12,7	13,8
Philadelphia	11,9	12,2	12,0
New-York	12,1	12,5	9,5
Peking	12,6	13,0	13,9
Buda	10,6	11,3	9,5
London	11,0	11,3	9,9
Paris	10,6	10,7	9,0
Genf	9,6	9,6	7,6
Dublin	9,2	9,3	7,4
Edinburg	8,8	9,0	8,3
Göttingen	8,3	8,4	6,9
Franecker	11,3	12,7	10,0
Kopenhagen	7,6	9,3	5,0
Stockholm	5,7	5,8	3,6
Christiania	5,9	4,0	5,9
Upsala	5,4	6,3	4,3
Quebeck	5,5	6,0	4,2
Petersburg	3,8	3,9	2,8
Abo	5,2	5,0	4,9
Drontheim	4,4	4,0	1,3
Uleo	0,6	3,3	1,2
Umeo	0,7	3,2	1,1
Nordkap	0,0	0,0	— 1,1
Enontekies	— 2,8	— 2,5	— 3,0
Nain	— 3,1	+ 0,6	— 2,5

Diese Tafel zeigt, daß die Mittel des Octobers mit denen des Jahres ziemlich nah übereinstimmen, selbst für sehr verschiedene Breiten. Aus den Mitteln des April sieht man, daß sie im Allgemeinen etwas zu niedrig sind, um die wahren Jahresmittel ersetzen zu können.

II. Vergleich der wahren Mittel und derer, die sich aus den Beobachtungen um 9 Uhr Morgens für das pariser Observatorium im Jahre 1829 ergaben.

Monate.	Mittlere Temperaturen der Monate.	Mittlere Temperaturen um 9 Uhr Morgens.
Januar	— 2°0	— 2°6
Februar	+ 2,7	+ 2,6
März	+ 5,7	+ 5,6
April	+ 9,8	+ 11,1
Mai	+ 14,9	+ 16,4
Juni	+ 17,1	+ 19,1
Juli	+ 18,6	+ 19,3
August	+ 17,0	+ 18,3
September	+ 13,7	+ 15,0
October	+ 10,0	+ 9,9
November	+ 4,7	+ 4,2
December	— 3,5	— 4,1
Mittel	+ 9,1	+ 9,6

Die mittlere Temperatur, welche die directe Methode gibt, ist 9°,1; die durch den Monat April gegebene betrüge 9°,8; die durch den Monat October 10°,0 und endlich die aus den Mitteln der Beobachtung um 9 Uhr Morgens 9°,6, welche sich von dem wahren Mittel nur um $\frac{1}{2}$ Grad entfernt. Während aber die Beobachtungen um 9 Uhr ein richtiges Jahresmittel geben, entsprechen die aus ihnen abgeleiteten Monatsmittel den wahren nicht, indem sie für die warmen Monate zu hoch, für die kalten zu niedrig sind.

Die mittlere Temperatur eines Ortes wird endlich gefunden, wenn man das arithmetische Mittel aller Jahresmittel nimmt.

Um ein Resultat zu erhalten, welches sich einigermaßen der Wahrheit nähert, muß man eine große Anzahl von Jahresmitteln kennen, und es wird auch nur unter der Bedingung überhaupt ein richtiges Resultat der Art geben können, wenn die Abweichungen der Jahresmittel bald größer bald kleiner sind als eine mittlere Größe, nicht aber wenn ein fortwährendes Abnehmen oder eine fortwährende Zunahme derselben stattfindet. Wäre das letztere der Fall, so dürfte man kein Mittel suchen, sondern müßte das Gesetz der Zu- oder Abnahme der mittleren Temperatur bestimmen. Alle Beobachtungen scheinen jedoch darauf hinzudeuten, daß der Wechsel der mittleren Temperatur oscillatorisch ist, d. h. daß ein Hin- und Herschwanken der einzelnen Jahresmittel um eine bleibende mittlere Temperatur stattfindet. Je größer die Abweichungen der Jahresmittel für einen Ort sind, desto mehr Jahresmittel muß man kennen, um mit einiger Genauigkeit die mittlere Temperatur des Ortes zu bestimmen. Trifft es sich z. B. daß die größte Differenz zwischen den Mitteln von 20 Jahren 5° beträgt, so kann man mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß 100 Jahresmittel ein Mittel geben würden, welches noch um $\frac{5}{100} = \frac{1}{20}$ Grad im Irrthum sein könnte. Ist dagegen die größte Differenz zwischen den 20 Mitteln nicht mehr

als 1°, so kann man annehmen, daß 100 Jahresmittel ein Mittel geben, welches um nicht mehr als $\frac{1}{100}$ Grad falsch wäre. Bouvard hat das Mittel von Paris aus 21 Jahresmitteln von 1806 bis 1826 bestimmt wie folgt:

1806	12°1	1811	12°0	1816	9°4	1821	11°1
1807	10,8	1812	9,9	1817	10,4	1822	12,1
1808	10,3	1813	10,2	1818	11,4	1823	10,4
1809	10,6	1814	9,8	1819	11,1	1824	11,2
1810	10,6	1815	10,5	1820	9,8	1825	11,7
						1826	11,4

Das endliche Mittel ist 10°,8.

Während dieser 21 Jahre fällt das niedrigste Mittel 9°,4 auf 1816, das höchste 12°,1 auf 1806 und auf 1822; ihre Differenz (das Maximum) beträgt 2°,7, mithin beträgt der mögliche Irrthum in 21 Jahren $\frac{2°,7}{21} = 0°,13$.

Die Bestimmung der mittleren Temperaturen für verschiedene Orte der Erde ist bekanntlich von Humboldt zur Beschreibung der isothermischen Linien (s. d. Art. Erde S. 321) benutzt worden, und im Allgemeinen hängen von den mittleren Temperaturen die klimatischen Verschiedenheiten (s. d. Art. Klima) ab, nach denen man verschiedene Zonen unterscheidet. Aber die Klimate, welche derselben Zone oder derselben Isotherme entsprechen, können unter einander verschieden sein. Man kann constante oder unveränderliche Klimate diejenigen nennen, welche keine großen Differenzen im Gange der Temperatur des Jahres zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur zeigen, veränderliche die, welche ziemlich große Unterschiede darbieten, und übermäßige (excessifs) die, in denen sehr große Differenzen auftreten. Folgende Tafel bietet ein Beispiel dieser Unterscheidung.

Namen der Orte.	Mittlere Jahrestemperatur.	Mittlere Temperatur des heißesten Monats.	Mittlere Temperatur des kältesten Monats.	Differenzen.
Funchal....	20,3	24,2	17,2	6,4
—	—	—	—	—
St. Malo	12,3	19,4	5,4	14,0
Paris	10,6	18,5	2,3	16,2
London.....	10,2	18,0	3,2	15,8
—	—	—	—	—
New-York	12,1	27,1	3,7	30,8
Peking	12,7	29,1	4,1	33,2

Funchal hat constantes Klima; ein Charakter, der fast stets den Inseln zukommt. St. Malo, London und Paris bieten Beispiele veränderlicher Klimate, während New-York und Peking offenbar übermäßige Klimate haben.

Im Art. Erde (S. 314) ist bereits gesagt worden, daß die Variationen des Thermometers bei gewissen Tiefen unter der Erdoberfläche

aufhören merkbar zu werden, und man kann daher eine Fläche der unveränderlichen Temperatur (welche eben so unregelmäßig sein wird wie die wirkliche Erdoberfläche) rings um die Erdkugel annehmen, innerhalb welcher keine Temperaturwechsel mehr stattfinden. Es ist höchst wahrscheinlich, daß der Punkt, wo in dieser Weise eine constante Temperatur eintritt, die mittlere Temperatur des Ortes der Oberfläche der Erde hat, unter welchem er liegt. Eben so ist im Art. Erde auch schon von der Zunahme der Temperatur beim Hinabsteigen unter die Erdoberfläche und von der Abnahme derselben beim Erheben über die Erdoberfläche gesprochen worden. Ueber die Temperatur der Quellen, des Meeres s. d. Art. Erde und die Art. Quellen und Meer. Es bleibt nur noch übrig die vorzüglichsten Ursachen zusammenzustellen, welche zusammen wirken, um auf der ganzen Ausdehnung der Erde die Vertheilung der Wärme und die Folge der Temperaturen, welche man beobachtet, zu erhalten.

Genaue Untersuchungen können in dieser Beziehung nur unter Zuziehung der Mathematik geschehen, wie dieses von Fourier in Ausführung gebracht worden ist. Derselbe hat alle bekannten Thatsachen erörtert, und dem Calcul unterworfen. Dabei ist er zu folgenden Bestimmungen gekommen.

1) Alle Wärme unter der Fläche der unveränderlichen Temperatur ist eine ursprüngliche Wärme, welche die Erdkugel von ihrer Entstehung her hat.

2) Diese Wärme ist constant*), und in einem ausgedehnten Centralkerne außerordentlich groß; in einem gewissen Abstande vom Mittelpunkte beginnt sie sich nach regelmäßigen Gesetzen zu vermindern, bis zur Fläche der unveränderlichen Temperatur.

3) Dieses innere Gleichgewicht, welches wir gegenwärtig beobachten, ändert sich mit der Zeit, und wird sich ohne Aufhören bis zu dem Augenblicke ändern, wo die ganze ursprüngliche Wärme völlig durch die Oberfläche zerstreut sein wird; aber diese Aenderungen gehen so langsam vor sich, daß eine lange Reihe von Jahrhunderten nöthig sein wird, ehe sie für unsere Beobachtungen bemerkbar sein wird.

4) Dieser Wärmestrom, welcher aus den tiefen Schichten kommt, um durch die Oberfläche zu entweichen, kann, wie groß er auch ist, um eine merkbare Weise weder die mittlere Temperatur der Erdoberfläche selbst modificiren, noch die Folge der Temperaturen, welche nach den Jahreszeiten, in der ganzen oberen Rinde der Erde auf der Fläche der unveränderlichen Temperatur vorkommen. Fourier schätzt z. B., daß die Temperatur der Oberfläche nicht um $\frac{1}{30}$ Grad C. afficirt werden könne.

5) Endlich, die Klimate und die Folge der Jahreszeiten hängen einzig von der Wärme ab, welche sich in den oberen Erdschichten über der Fläche der unveränderlichen Temperatur vertheilt; diese Wärme kommt einzig von der Wirkung der Sonne; sie ist angehäuft während eines

*) Vergl. d. Art. Erde S. 317.

Theils des Jahres, zerstreut während des anderen, so daß endlich eine vollständige Ausgleichung stattfindet.

Nehmen wir einen Augenblick an, daß die Erde so wie sie mitten im Weltenraume schwebt, nicht mehr erwärmt sei, weder durch die Sonnenstrahlen, noch durch irgend einen andern Wärmestrahl, und verfolgen wir die Erscheinungen, die sich ergeben würden. Alle Bestandtheilchen der atmosphärischen Luft, welche wie die anderen materiellen Bestandtheilchen mit der Fähigkeit der Ausstrahlung begabt sind, würden ihre Wärme nach allen Richtungen ausstrahlen und immer mehr erkalten, denn ihr Verlust würde nicht ersetzt. Indem sich ihre Dichte vermehrte, würden sie auf die Erde zufallen, während andere Bestandtheilchen aufstiegen um auch ihrerseits zu erkalten. Und, wenn man annimmt, daß die Oberfläche der Erde ihnen die Wärme, welche ihr übrig bleibt, nicht mittheilen könne, so ist klar, daß nach einer gewissen Zeit endlich alle Lagen der Atmosphäre eine Kälte angenommen haben müßten, von der wir keine Vorstellung haben. Eine analoge Erscheinung würde auch auf der Erde vor sich gehen; die Lagen der Erde würden durch die Atmosphäre ausstrahlen; alsbald erkaltet durch die Verluste, welche nicht ersetzt würden, würden sie von den unteren Schichten Wärme empfangen und die so empfangene Wärme ginge bald auf demselben Wege verloren. Nach einer bestimmten Zeit würde die Erde alle ihre Wärme verloren haben, aber dieses Verlieren der Wärme würde an den verschiedenen Orten mit verschiedener Schnelligkeit erfolgen, je nachdem diese Orte ein größeres oder geringeres Strahlungsvermögen besäßen und die unteren Schichten bessere oder schlechtere Wärmeleiter wären. Dasselbe was sich unter der Voraussetzung ereignet, daß die Atmosphäre und die Erde ihre Wärme nicht theilen könnten, würde auch eintreten, wenn die nur in der Vorstellung aufhebbare Verbindung stattfände; denn die Luft würde wohl den Boden und dieser jene erwärmen können, endlich aber würde nichts desto weniger die gesammte Wärme in den Weltraum verloren gegangen sein. Alles auf der Erde würde also zu absoluter Kälte kommen. Stellen wir jetzt die Lage der Dinge wieder so her wie sie wirklich ist, und sehen wir nur noch einen Augenblick von den Sonnenstrahlen ab, welche die Erde treffen, während wir die unzähligen Gestirne berücksichtigen, welche die verschiedenen Gegenden des Himmels einnehmen. Alles führt uns dahin zu glauben, daß diese Gestirne, welche so blendend leuchten, der Wärme nicht beraubt sind; es herrscht daher wahrscheinlich in dem Weltraum eine gewisse Temperatur, und die Erde, mitten in diesem Raume schwebend, würde aufhören zu erkalten, wenn sie bis zu dieser Temperatur herabgesunken wäre. Sieht man von der Sonnenwärme ab, so wird also die Erdkugel auf einem gewissen Wärmegrade erhalten, welcher ohne Zweifel einen großen Einfluß auf die Temperatur der verschiedenen Klimate hat. Viele Anzeigen des Calculs und der Erfahrung deuten darauf hin, daß diese Temperatur des Weltraumes geringer als — 50 oder — 60° C. ist. Diese Betrachtungen werden die Schätzung der wärmenden Wirkung der Sonne auf die Erde erleichtern, denn diese Wirkung verhindert nicht, daß die Erscheinungen, von denen so eben gespro-

chen wurde, nicht in jedem Augenblicke vor sich gehen. Die Wärmeausstrahlung der Erde wird durch die Sonnenwärme nicht aufgehoben, sondern nur compensirt. Prüfen wir zunächst, was auf der Erde in irgend einem Lande vom Niedergange bis zum Aufgange der Sonne vor sich geht. Sobald die Ursache der Erwärmung nicht mehr vorhanden ist, ist die ganze Oberfläche des Bodens der freiwilligen Abkühlung, von welcher gesprochen wurde, überlassen. Wenn die Luft ruhig und völlig heiter ist, so wird die Nacht kalt sein, weil die Luft und die Erde durch Strahlung alle Wärme, die sie verlieren können, ohne Ersatz verlieren werden. Ist die Luft ruhig und neblich, oder ist der Himmel mit Wolken bedeckt, so strahlt der Boden auch noch Wärme aus, aber seine strahlende Wärme wird von der Luft absorbirt; sie kann die Dicke der Atmosphäre nicht mehr durchdringen, um sich in den Himmelsraum zu verlieren; ebenso verhält es sich mit den nebligen Schichten der Luft, es bildet sich ein fortwährender Wärmewechsel zwischen dem Boden und den unteren Schichten der Atmosphäre, und diese der Erde auf diese Weise bewahrte Wärme erhält ihr eine Temperatur, welche sich nur sehr langsam bis zum Sonnenaufgang erniedrigt. Wie nur ein sehr leichter Nebel nöthig ist, um das Licht aufzuhalten, so ist nur ein kaum sichtbarer Dunst nöthig, um die strahlende Wärme aufzuhalten, welche stets schwieriger durch die Körper dringt als das Licht. Der Wind modificirt die Erscheinungen schon durch die ihm selbst eigenthümliche Temperatur, die er bei der Berührung den Körpern mehr oder weniger vollständig mittheilt, je nachdem er mehr oder weniger heftig weht. Die angegebenen Principe der nächtlichen Strahlung führen zu folgenden Schlüssen.

1) Unter günstigen Umständen, (d. h. bei ruhigem Wetter und heiterm Himmel) kann sich die Temperatur an der Oberfläche des Bodens an unbedeckten Orten um mehre Grade unter die Temperatur der unteren Luftschichten erniedrigen;

2) Der Grad der Temperaturerniedrigung der Körper an ihrer Oberfläche wird desto größer sein, je größer ihr Ausstrahlungsvermögen und je weniger vollkommen ihre Leitungsfähigkeit ist. *)

Während des Tages wird die Strahlung ebenso wie während der Nacht sich fortsetzen, aber die Wirkungen werden dann durch eine mächtige Ursache modificirt. Die Sonnenwärme compensirt den erlittenen Wärmeverlust und zwar nimmt diese Compensation zu von Aufgang der Sonne bis einige Zeit nach Mittag, und nimmt nachher bis zu Sonnenuntergang wieder ab. In den kalten Monaten ist die Wärme, welche durch die Ausstrahlung verloren geht, größer als diejenige, welche durch die Sonnenwärme gewonnen wird, und in den warmen Monaten findet das umgekehrte Verhältniß statt. Durch zufällige Umstände: Wind, Wolken, Nebel, Regen u. s. w. wird das Verhältniß zwischen der Wirkung der Sonne und der Ausstrahlung mannigfach modificirt, so daß es im Winter warme und im Sommer kalte Tage gibt. Diese Unregelmäßigkeiten sind selbst aber eine Art von Compensation; wenn

*) Vergl. d. Art. Thau.

z. B. der Wind einen Ort erwärmt, so erkältet er einen andern; es ist dieselbe Quantität Wärme, welche anders vertheilt wird. Das Gleichgewicht der Temperatur ist jetzt hergestellt: die Erde verliert genau jedes Jahr die ganze Wärmequantität, welche sie von der Sonne empfängt; denn wenn sie weniger verlöre, so würden alle Klimate von Jahr zu Jahr wärmer werden und wenn sie mehr verlöre, so würden sie von Jahr zu Jahr kälter werden, welches gegen die Erfahrung der Jahrhunderte ist.

Es bietet sich hier eine Aufgabe von großem Interesse für die Wissenschaft dar, nämlich mit Genauigkeit zu bestimmen, wie groß diejenige sich gleichbleibende Wärmequantität sei, welche durch die Sonne im Laufe eines Jahres über die Erdkugel ausgegossen wird, welche an jedem Orte während bestimmter Jahreszeiten angehäuft ist, dann unter die verschiedenen Klimate vertheilt wird, und endlich durch die Strahlung verloren geht, mit einer so bewundernswürdigen Regelmäßigkeit, daß am Anfang des folgenden Jahres keine Spur übrig bleibt. Diese Aufgabe ist durch directe Versuche, welche anfangs sehr schwierig schienen, und doch sehr einfach sind, gelöst worden. Der Apparat, dessen sich Pouillet für diese Untersuchungen bedient hat, ist in Fig. 412. dargestellt. Er besteht in einem Cylinder mit doppelter Hülle von ungefähr 2 Fuß Länge bei 4 Zoll Durchmesser. Der ganze Raum GG zwischen den beiden Hüllen ist mit gestoßenem Eise gefüllt. Das Ende S, welches gegen die Sonne gewendet werden soll, trägt eine Art von an einem Ende mit einem Parallelglase V verschlossenen Rohre, welche am anderen Ende ein kleines, von einer bestimmten Oeffnung durchbohrtes Diaphragma D trägt. Das andere Ende T trägt ein Thermometer mit geschwärzter Kugel. Wenn man einen Kegel annimmt, welcher als Spitze den Mittelpunkt der Thermometerkugel und als Grundfläche die Oeffnung des Diaphragma hat, so muß dieser Kegel verlängert die Scheibe der Sonne einhüllen, d. h. sein Winkel am Mittelpunkt ist ungefähr 32'. Im innern Raume wird mittels des Hahnes R (dessen Röhre auf eine Luftpumpe geschraubt werden kann), ein luftleerer Raum erzeugt. Der Apparat ist auf den Fuß eines Teleskops gestellt, und mittels eines kleinen Loches, welches in eine angefügte Platte E gebohrt ist und eines Merkzeichens, welches in I auf eine Platte von Elfenbein gezeichnet ist, kann man mit Genauigkeit die Bewegungen so richten, daß die Axe AA' gegen den Mittelpunkt der Sonne gerichtet ist. Sind diese Bedingungen erfüllt, so beobachtet man das Thermometer und unterhält den Versuch bis zu dem Augenblicke, wo es sein Maximum erreicht. Da seine Temperatur 0 ist, wenn das Bündel Sonnenlicht nicht auf ihn wirkt, so ist klar, daß die Wirkung der Sonnenwärme durch die Erhebung des Thermometers über 0 gemessen wird. Diese Erhebung ist abhängig von der Höhe der Sonne über dem Horizont. Bringt man alle Correctionen in Rechnung, welche angebracht werden müssen, für den Antheil Wärme, welcher durch das Glas V absorbirt wird, und welcher durch vorläufige Versuche bestimmt wird, so kann man leicht die Wirkung der Sonnenstrahlen auf das Thermometer in den verschiedenen Stunden des Tages bestimmen. Pouillet hat auf

diese Weise mehre Versuchsreihen von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang für verschiedene Epochen des Jahres angestellt. Das Maximum der Erhebung des Thermometers findet stets um Mittag statt, es ist im Sonnensolstitium 7°,5. Pouillet berechnet, daß die gesammte Quantität Wärme, welche im Laufe eines Jahres von der Sonne über die Erdkugel ausgegossen wird, derjenigen gleich ist, welche eine Lage Eis schmelzen würde, die in einer Dicke von 14 Meter die ganze Erdkugel überzöge.

Wage, ein Instrument, welches dient das absolute sowohl als das specifische Gewicht der verschiedenen Körper zu bestimmen und bei dem im Allgemeinen nach den bekannten Gesetzen des Hebels (s. d. Art.), Körper von bekanntem Gewichte mit Körpern von unbekanntem Gewicht verglichen und auf diese Weise das Gewicht der letzteren erkannt wird. Die Lehre vom Hebel, welche bei der Wage in Anwendung kommt, ist: Ein zweiarmiger Hebel ist dann im Gleichgewicht, wenn sich seine Arme umgekehrt wie die gegen dieselben wirkenden Gewichte (Kräfte) verhalten, oder, was dasselbe, wenn die Länge des einen Armes multiplicirt mit dem von ihm getragenen Gewichte gleich ist dem Producte aus dem andern Arme und seinem Gewichte. Bezeichnen wir den einen Arm des Hebels mit A, sein Gewicht mit G, den anderen Hebelarm mit a, sein Gewicht mit g; so muß sein $A : a = g : G$ oder $AG = ag$. Hat man nun einen im Gleichgewicht befindlichen Hebel und kennt die Länge seiner Arme, A und a, und das Gewicht des einen Armes g, so läßt sich das unbekannte Gewicht des andern Armes G leicht berechnen; es ist $G = \frac{a}{A} g$. Befinden sich nachher an den Armen desselben Hebels andere Gewichte, z. B. G' und g', und ist von diesen wieder eines g' bekannt, so findet man das andere wieder durch die Gleichung $G' = \frac{a}{A} g'$. Man sieht, daß das unbekannte Gewicht jederzeit so gefunden wird, daß man das bekannte jenem das Gleichgewicht haltende Gewicht mit $\frac{a}{A}$ multiplicirt. $\frac{a}{A}$ bleibt für dieselbe Wage unveränderlich, (es ist das Verhältniß der Arme) und muß ein für allemal bekannt sein.

Bei der gemeinen Wage ist $a = A$, mithin $\frac{a}{A} = 1$ und folglich muß damit Gleichgewicht stattfinden $G = g$ sein. Die Operation mit der gemeinen Wage, die Gewichtsbestimmung, das Wägen geschieht nun im Allgemeinen so, daß man einen gleicharmigen Hebel, an dessen einem Arm ein Körper von unbekanntem Gewicht befestigt ist, dadurch ins Gleichgewicht zu bringen sucht, daß man an den anderen Hebelarm einen Körper von bekanntem Gewichte anbringt; ist dann das Gleichgewicht durch Versuche hergestellt, so weiß man, daß der unbekannte Körper genau dasselbe Gewicht hat, eben so viel wiegt, wie der Körper von bekanntem Gewicht. Die Körper von bekanntem

Gewicht, deren man sich hierbei bedient, werden vorzugsweise **Gewichte** genannt, und es ist klar, daß man deren um Körper vom kleinsten bis zum größten Gewichte (stets innerhalb gewisser Grenzen) wägen zu können, stets eine gewisse Anzahl von verschiedener Mächtigkeit haben muß.

Bei der **Schnellwage** sind die Hebelarme ungleich, so daß $\frac{a}{A}$ nicht $= 1$ wird, und zwar ist der eine Hebelarm von gleichbleibender, der andere von veränderlicher Länge. Da sich die Länge eines Hebelarmes nur dadurch bestimmt, wie weit der Angriffspunkt der Last (des Gewichtes) von dem Ruhepunkte des Hebels entfernt ist, so ist klar, daß wenn man einen Hebel mit einem längeren und einem kürzeren Arme hat, das Verhältniß der Arme vielfach wird verändert werden können, wenn man den Angriffspunkt am kürzeren Arme unverändert läßt, den Angriffspunkt am längeren Arme bald näher, bald ferner vom Ruhepunkte des Hebels annimmt. Der zu untersuchende Körper von dem unbekannten Gewichte G, sei am kürzeren und unveränderlichen Hebelarme A angebracht, während ein bestimmtes Gewicht g (der Laufer) am längeren und veränderlichen Hebelarme verschiebbar ist, so wird auch in diesem Falle Gleichgewicht stattfinden, wenn die Länge des veränderlichen Hebelarmes a von der Größe ist, daß $G = \frac{a}{A} g$ ist. Da nun A und g ein für allemal bekannt sind, so braucht man beim Wägen das Gewicht g nur so lange am längeren Arme zu verschieben, bis Gleichgewicht stattfindet und dann a zu messen, so kann man nach der Formel das Gewicht G berechnen. Um Beobachtung und Rechnung zu ersparen, nehme man g sei z. B. $= 1$ Pfund, und die Länge des veränderlichen Hebelarmes werde nach Zollen gemessen, während $A = 1$ Zoll ist, so weiß man unmittelbar mit der Länge von a nach Zollen ausgedrückt, das Gewicht G nach Pfunden.

Bis jetzt ist nur von dem Haupttheile der Wage gesprochen worden, nämlich dem Hebel, welcher der **Wagebalken** heißt. Dieser hat seinen Ruhepunkt bei der gemeinen Wage in der Mitte und wird in der Regel so unterstützt, daß vom Wagebalken selbst zwei Zapfen ausgehen, welche in Lagern beweglich sind. Oft sind diese Lager nichts weiter als Löcher in einer **Scheere**, d. h. einer gabelförmigen Verbindung zweier Metallstäbe, die oben, wo die Stäbe zusammen gehen, an einem Ringe aufgehangen und gehalten wird, und unten die Löcher enthalten, in denen die Zapfen des Wagebalkens liegen. Auf der Mitte des Wagebalkens (senkrecht gegen diesen und gegen die Zapfen, die Drehungsaxe) steht ein Stift von ziemlicher Länge, die **Zunge**. Wenn diese in verticaler Richtung steht, so liegt der Wagebalken in horizontaler und man hat den Beweis, daß die Wage im Gleichgewicht sich befindet. Diese verticale Stellung erkennt man leicht aus der Richtung der Zunge gegen die Stangen der Scheere, denn diese hängt, vermöge der Schwere, stets senkrecht herab. Um den zu wiegenden Körper auf der einen Seite und die Gewichte auf der anderen Seite der Wage anbrigen zu können, hängen von den Enden der Arme des Wagebalkens **Schalen** herab. Es ist ferner bei der Betrachtung des Gesetzes,

auf welchem der Hebel beruht, nur von dem mathematischen Hebel gesprochen worden, d. h. nicht darauf Rücksicht genommen worden, daß man bei Herstellung eines Wagebalkens einen Körper anzuwenden hat, der selbst Gewicht besitzt, und der einen Schwerpunkt besitzt, welcher nicht, wie dieses beim mathematischen Hebel der Fall ist, mit dem Unterstützungspunkte des Hebels zusammenfällt. Wenn der Wagebalken richtig sein soll, so muß der Schwerpunkt desselben in eine Ebene fallen, welche senkrecht auf der Ebene des Wagebalkens steht und durch die Drehungsaxe desselben geht. Der Wagebalken ruht dann sowohl wenn er unbelastet als wenn er auf beiden Seiten gleich belastet ist in horizontaler Lage. Wird aber die Belastung auf der einen Seite verändert, so muß er sich an der stärker belasteten senken. Aus dieser Senkung oder dem Winkel, um den die Zunge von der senkrechten Richtung abweicht, dem Ausschlagswinkel, will man die Größe des Uebergewichtes auf der stärker belasteten Seite erkennen. Dieses geschieht, wenn der Schwerpunkt des Balkens gegen seine Axe und die zwei Aufhängungspunkte der Schalen eine gewisse mit Hilfe mathematischer Betrachtung zu ermittelnde Lage hat.*) Aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß der Ausschlagswinkel (φ) bei einerlei Werth des Uebergewichtes (p) auf der einen Seite um so größer ist, je kleiner die Belastung überhaupt, je geringer das Gewicht des Balkens ist und je näher der Schwerpunkt des Balkens und seine Axe der geraden Linie liegen, welche die Aufhängepunkte der beiden Schalen mit einander verbindet. Geht die Axe durch jene Verbindungslinie der beiden Aufhängepunkte, so wird der Ausschlagswinkel von der Belastung unabhängig.**) In dem Falle endlich, wo sowohl die Axe als der Schwerpunkt in jene Linie fällt,***) schlägt bei dem geringsten Uebergewicht auf der einen Seite der Wagebalken ganz um und begibt sich in verticale Stellung, wenn ihm nicht irgend ein Hinderniß in den Weg tritt.****)

---

*) A und B (Fig. 413.) sind die Aufhängungspunkte der zwei Schalen, C die Achse und D der Schwerpunkt des Wagebalkens, welcher an beiden Armen mit den gleichen Gewichten P belastet ist und selbst das Gewicht Q hat. Wird die Last in A um die Größe p vermehrt, so ändert sich die Lage des Balkens, A kommt nach a, B nach b, D nach d. Es bezeichne $ACH = a$, $DCd = \varphi$, $AH = f$, $CH = g$, $CD = h$. Dann ist $aF = aC.\ \sin(a - \varphi) = aC(\sin a \cos\varphi - \cos a \sin\varphi) = f\cos\varphi - g\sin\varphi$; $bG = bC.\ \sin(a + \varphi) = bC(\sin a \cos\varphi + \cos a \sin\varphi) = f\cos\varphi + g\sin\varphi$; $dk = h.\ \sin\varphi$. Nach den Gesetzen des Gleichgewichtes ist aber $(P + p)\, aF = P.\ bG + Q\, dk$ oder $(P + p)(f\cos\varphi + g\sin\varphi) = P(f\cos\varphi + g\sin\varphi) + Q\, h \sin\varphi$ und hieraus $\tang\varphi = \frac{p\,f}{(2P + p)\,g + Q\,h}$.

**) In diesem Falle ist nämlich $g = o$ und folglich $\tang\varphi = \frac{p\,f}{Q\,h}$, in welcher Formel die Belastung 2 P nicht mehr vorkommt.

***) Dann ist $g = o$ und $h = o$ und folglich $\tang\varphi = \infty$.

****) In der angegebenen Rechnung über die Empfindlichkeit einer Wage ist

Baumgartner gibt zu Einrichtung, Prüfung und Gebrauch einer Wage (wie sie besonders der Physiker braucht), folgende vortreffliche Anleitung. Der **Wagebalken** kann aus Eisen, Stahl oder Messing verfertigt werden. Eisen und Stahl haben den sichern Vorzug der größern Festigkeit, Messing hingegen gewährt den Vortheil, daß es nicht magnetisch wird. Man hat ihn häufig massiv und so, daß er höher als dick ist und gegen beide Enden verjüngt zuläuft, um bei einem geringen Gewichte doch hinreichende Festigkeit zu haben. Manche Künstler verfertigen Wagen mit hohlen Balken, die gleichsam zwei abgestumpfte, an ihrer Basis zusammengefügte Kegel vorstellen; auch Balken aus stark gehämmerten, dicken durchbrochenen Messingbleche thun gute Dienste. Es gibt vortreffliche Wagen, deren Balken aus einem dünnen Stahlstücke, wie aus einer Uhrfeder bestehen, das aber, um jeder Krümmung vorzubeugen, mit einer oben der ganzen Länge nach darauf geschraubten oder gelötheten schmäleren Stahlplatte versehen ist, so daß ein solcher Balken im Querschnitte wie **T** aussieht. — Mit der Länge des Balkens wächst bei übrigens gleichen Umständen die Empfindlichkeit der Wage, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze; denn mit der Länge des Balkens nimmt zwar das Moment des Uebergewichts, aber auch sein Gewicht und die Reibung zu. — Am Wagebalken befindet sich der **Stift für die Drehungsaxe**, der **Aufhängepunkt** der Schalen und die **Zunge**. Der Stift für die Drehungsaxe wird stets aus Stahl gemacht und sehr gut gehärtet. Man läßt ihn nach unten in eine sehr scharfe Schneide auslaufen, die genau auf der Ebene des Balkens senkrecht steht. Die Pfannen, in denen er sich bewegt, macht man eben oder etwas hohl, aus hartem Stahl oder noch besser aus einem harten Stein, z. B. aus Achat. — Die Aufhängepunkte der Schalen sind gewöhnlich mit eigenen, nach oben scharf zulaufenden Stiften bezeichnet, an welche die Schalen mittels krummer Haken gehängt werden, so daß sie dem Zuge der Schwere folgen können. — Die Zunge soll auf dem Balken senkrecht stehen, und durch die Linie, welche den Schwerpunkt mit der Achse verbindet, genau in zwei symmetrische Hälften getheilt werden. Meistens ist sie nach aufwärts gerichtet, und dann spielt sie zwischen einer Scheere, die stets von selbst vertical hängt und oft eine kleine verticale **Gegenzunge** hat, deren Uebereinstimmung mit der des Balkens auf die horizontale Lage des letztern schließen läßt. Ist die Zunge abwärts gekehrt, so spielt sie über

---

vorausgesetzt, daß zwischen den Zapfen und der Pfanne keine Reibung stattfindet. Eine solche Reibung ist aber unvermeidlich, und daher fällt der Ausschlagwinkel stets kleiner aus. Ist r der Abstand der Schneide des Zapfens, die auf der Pfanne ruht, vom Dehnungsmittelpunkte, c der Reibungsexponent, p_1 das Gewicht, welches auf einer Wagschale der Reibung das Gleichgewicht hält; so ist $c\,(2\,P + Q + p_1)\,r = f\,p_1$, wo P, Q, f die vorhin angenommene Bedeutung haben; mithin $p_1 = (2\,P + Q)\,\frac{r\,c}{f - r\,c}$. c ist in den meisten Fällen $= 0{,}1$, oft auch geringer.

einem Bogen, der am Postamente der Wage angebracht ist. Letzteres muß aber in diesem Falle mit einer Libelle oder einem Senkblei in die gehörige Lage gebracht werden können. Es mag aber die Zunge abwärts oder aufwärts gekehrt sein, so ist an der ihr gegenüber stehenden Seite des Balkens ein Gegengewicht angebracht, um dem Schwerpunkt des Ganzen die gehörige Lage zu geben; oft ist dieses Gewicht zum Verschrauben eingerichtet, und kann dem Balken genähert oder von ihm entfernt werden, damit man so die Empfindlichkeit der Wage nach Belieben reguliren kann. Es gibt auch Wagen, an denen ein Arm des Balkens die Stelle der Zunge vertritt und auch neben einem Kreisbogen spielt. Sehr genaue Wagen werden meistens mit mehren Schraubenvorrichtungen versehen, durch welche man den Balken gleicharmig machen und den Schwerpunkt jedes Armes in gleiche Entfernung von der Achse bringen kann. — Die Schalen müssen ein gleiches Gewicht haben, und ganz frei am Balken hängen, sich auch leicht wegnehmen und verwechseln lassen. Man hängt sie mittels Schnüren, Ketten oder dicken Drähten auf. Letztere verdienen vor allen den Vorzug, weil man ihnen leicht ein bestimmtes Gewicht geben und sie dabei erhalten kann. Ketten sind zu mühsam zu verfertigen und zu schwer zu putzen, Schnüre nehmen gar zu leicht Staub auf, und können nur mit großer Mühe davon befreit werden; einige wirken auch hygroskopisch und ändern durch das aus der Luft aufgenommene Wasser ihr Gewicht. Die Schalen macht man am besten flach, mit aufgebogenem Rande; tiefe Schalen gestatten manchem abzuwiegenden Körper keinen sichern Stand, und werden deßhalb bei genauen Wagen selten gebraucht. — Eine empfindliche Wage soll stets so eingerichtet sein, daß sich der Balken sammt den Pfannen, auf denen er ruht, heben und senken läßt, und in seinem tiefsten Stande auf eigenen Trägern ruht. Diesen Stand soll er auch beibehalten, so lange er außer Dienst ist. Kein Instrument wird durch Staub, Rauch oder Dünste so leicht unbrauchbar gemacht, als eine Wage, keines fordert daher eine so sorgfältige Aufbewahrung. Stets soll sie in einem Glaskasten eingeschlossen sein, der sich nur an einer Seite öffnen läßt, dieser schützt vor Staub u. s. w. und hält beim Gebrauche der Wage den Luftzug ab und erleichtert und verkürzt dadurch die Arbeit. — Die Gewichte, welche zur Wage gehören, werden in der Regel aus Metall gemacht, und zwar aus Messing, Silber oder Platin. Letzteres würde sich wegen seiner Unveränderlichkeit in der Luft, im Wasser und selbst in den meisten Säuren am meisten empfehlen, wenn bei größeren Stücken nicht der hohe Preis, bei gar kleinen das große specifische Gewicht dieses Metalls die Wahl eines andern Stoffes räthlich machte. Indeß sind doch Platingewichte von 1 Milligramme noch recht gut wahrzunehmen und sogar noch leicht anzufassen, wenn sie dünn genug ausgearbeitet sind. — Die Gestalt solcher Gewichte ist verschieden. Größere Stücke werden häufig in die Form hohler, abgestumpfter Kegel gebracht, deren einer in den andern paßt, kleinere macht man cylindrisch oder würfelförmig, und die kleinsten von 10 Gran oder 1 Gramme angefangen, bekommen meistens die Blechform. Sie sollen sich gut anfassen lassen und keine Vertiefungen haben, die leicht

Unreinigkeit aufnehmen; darum sollen auch die Zahlen, welche den Werth jedes Stückes bezeichnen, nicht zu tief eingeschlagen sein. Gewichte, welche hohle Kegel vorstellen und in einander passen, empfehlen sich durch ihr geringes Volumen, doch hält es stets schwer, sie rein zu erhalten. — Es ist zwar wünschenswerth, daß man einen hinlänglichen Vorrath genauer Gewichte habe, man kann aber auch mit wenigen Stücken weit reichen. Mit 4 Stücken vom Werth 1, 2, 3 und 4 reicht man bis 10; kommen dazu noch 8 Stücke von den Werthen 10, 20, 30, 40, 100, 200, 300 und 400, so kann man damit alle Gewichte von 1 — 1000 bestimmen. Alle diese Gewichtsstücke sollen in Kästchen eingeschlossen sein; selbst beim Gebrauche soll man sie nicht unmittelbar mit der Hand, sondern mit einem Zängelchen anfassen. *) Bevor eine Wage zu einer genauen Untersuchung gebraucht wird, muß man von ihrer Richtigkeit und Empfindlichkeit überzeugt sein. Zu dieser Ueberzeugung gelangt man durch eine vorläufige Prüfung derselben. — Das erste, welches bei einer Wage untersucht werden muß, ist die Beweglichkeit des Wagebalkens. Diese lernt man kennen, wenn man den Stand des Balkens, während er sich im Gleichgewichte befindet, genau betrachtet, hierauf ihn mit der Hand etwas neigt und wieder frei läßt. Hat er die gehörige Beweglichkeit, so wird er eine Reihe Schwingungen von immer kleiner werdenden Schwingungsbögen machen und endlich in derselben Lage, von welcher er ausging, wieder in Ruhe kommen. Bleibt er in einer andern Lage stehen, so kann er nicht als brauchbar angesehen werden, weil es ihm an der freien Beweglichkeit fehlt. Man erkennt auch die Beweglichkeit eines Wagebalkens schon aus der Gleichheit der Ausschlagwinkel, die er zu beiden Seiten der Lage, in welcher er ruhte, beim Oscilliren macht. — Hat man den Balken von dieser Seite brauchbar gefunden, so schreitet man zur weitern Prüfung seines Baues. Man nimmt die Wagschalen hinweg, und sieht, ob er oder vielmehr die gerade Linie zwischen den Aufhängungspunkten der Schalen in horizontaler Lage im Gleichgewichte steht. Diese Lage erkennt man aus dem Uebereinstimmen der richtig gestellten Zunge mit der an der Scheere angebrachten Gegenzunge, oder falls der Balken keine Zunge hat, aus der Coincidenz (Zusammenfallen) der Punkte, welche die beiden Zungen vertreten. Bleibt der Balken in horizontaler Lage stehen, so kann man gewiß sein, daß die Momente seiner unbelasteten Arme in Beziehung auf die Axe einander gleich seien, wie es die Theorie für eine gute Wage fordert; kommt er aber außerhalb dieser Lage ins Gleichgewicht, so sind diese Momente ungleich oder es liegt der Schwerpunkt des Balkens so nahe an der Axe, daß das Moment des Gewichtes des ganzen Balkens in Beziehung auf die Axe bei einer kleinen Abweichung von der horizontalen Lage zu klein ist, als daß es die Reibung zu überwältigen vermöchte. Ist der Schwerpunkt des Balkens veränderlich, so kann man durch geringes Verrücken dessel-

*) Die in den verschiedenen Ländern gebräuchlichen Gewichte sind im Art. Gewicht zusammengestellt.

den leicht erfahren, ob letzterer oder ersterer Ursache die Abweichung von der horizontalen Lage zugeschrieben werden muß. Zur weitern Untersuchung bedarf man der Gewißheit, daß die Schalen ein vollkommen gleiches Gewicht haben. Um dieses zu erlangen, hängt man sie ein und beobachtet den Stand des Balkens, wenn er in Ruhe gekommen ist. Man darf sich dadurch nicht beirren lassen, daß der Balken vielleicht nicht mehr in horizontaler Lage ruht, wiewohl er im unbelasteten Zustande in dieser Lage im Gleichgewicht stand. Hierauf verwechselt man die Schalen und beobachtet die Lage des ruhenden Balkens abermals. Stimmt diese mit der vorhergehenden genau überein, so haben beide Schalen genau dasselbe Gewicht; ist dieses nicht der Fall, so muß man das Gewicht der schwereren vermindern, bis die Gleichheit hergestellt ist. — Haben die Schalen ein gleiches Gewicht, so kann man den Balken weiter untersuchen und finden, ob auch beide Arme, von der Schneide der Axe bis zum Aufhängepunkt der Schalen gerechnet, genau gleich lang sind. In manchem Falle kann man diese Länge unmittelbar mit einem Maßstab messen, manchmal geht aber dieses nicht an, und man muß zu folgendem Verfahren die Zuflucht nehmen, das aber selbst dann als Controle dienen kann, wenn man auch diese Größen unmittelbar gemessen und gleich befunden hat. Man versichert sich zuerst noch einmal davon, daß der ganz entlastete Balken in horizontaler Lage zur Ruhe kommt, hängt dann die Schalen ein und beobachtet seinen Stand neuerdings, wenn er zur Ruhe gekommen ist. Dieser wird wieder der horizontale sein, wenn nicht die Arme ungleich lang sind. Zur noch bessern Ueberzeugung legt man hierauf auf beide Schalen gleiche Gewichte und sieht abermals auf den Stand des Balkens. Ist er auch bei dieser Probe horizontal geblieben, so ist an der gleichen Länge der Balkenarme nicht zu zweifeln. Indeß thut man doch gut, die Gewichte zu verwechseln und zu sehen, ob auch dann noch der Balken in horizontaler Lage in Ruhe bleibt. Findet man bei dieser Prüfung, daß die Arme des Wagebalkens nicht gleich lang sind, so muß man denjenigen, dessen Länge sich ändern läßt, so lange verlängern oder verkürzen, bis er in der abermals vorgenommenen Probe Stich hält. — Eine Wage, die sich bei allen diesen Versuchen bewährt hat, ist richtig gebaut und man braucht nur noch den Grad ihrer Empfindlichkeit zu untersuchen, um sie in jeder Hinsicht zu kennen. Zu diesem Ende werden beide Arme gleich und so stark belastet, als es die Stärke des Balkens ohne Biegung desselben erlaubt und hierauf das kleinste aller Gewichte ausgemittelt, durch dessen Zugabe noch ein bemerkbarer Ausschlag hervorgebracht wird. Der Quotient aus diesem Gewichte und der ganzen Belastung des Balkens gibt die Zahl, welche als Maß der Empfindlichkeit der Wage angesehen werden kann. *) — Die Gewichte prüft man, indem man sie mit anerkannt richtigen vergleicht oder zwei gleichgewichtige

*) Eine gute Wage muß wenigstens $\frac{1}{80000}$ ihrer stärksten Belastung angeben. Die ausgezeichnete Wage von Ramsden gab bei einer Belastung von 10 Pfund noch 0,006 Gr. also den 12 millionsten Theil der Belastung an. Fortins Wagen zeigen bei 4 Pfund Belastung noch $\frac{1}{70}$ Gran, d. h.

Partien derselben, die aus einer verschiedenen Anzahl einzelner Stücke bestehen, gegen einander hält. Diese Untersuchung soll man auch mit schon gebrauchten, für als richtig anerkannten vornehmen, sobald sie in Verhältnisse gekommen sind, wo ihre Richtigkeit gelitten haben kann. — Selbst der besten Wage darf man kein unbeschränktes Zutrauen schenken, und muß in Fällen, wo es sich um sehr genaue Resultate handelt, beim Abwägen ein Verfahren beobachten, bei welchem man die etwaigen Fehler im Bau des Wagebalkens und die Reibung unschädlich macht. Nach Borda legt man den abzuwägenden Körper A in eine Schale und so viel Tara (Gewichte) in die andere, bis das Gleichgewicht hergestellt ist. Dann ersetzt man A durch Gewichte P, und es wäre $P = A$, wenn keine Reibung stattfände. Man erhält diesen Einfluß aber bei beiden Abwägungen gleich, wenn man, sobald A mit der Tara im Gleichgewicht, den Balken unterstützt, A wegnimmt und mit nahe gleichem Gewicht ersetzt, und nun erst den Balken frei läßt. — Man kann aber auch auf folgende Weise verfahren. Man lege A in eine Wagschale und so viel Gewichte in die andere, als nöthig ist, um den Balken in horizontaler Lage ins Gleichgewicht zu bringen. Es sei P dieses Gewicht und x das des abzuwägenden Körpers, und man wird haben $P : x = a : b$, wo a und b zwei vom Bau des Balkens abhängige Größen sind. Hierauf unterstütze man den Balken, verwechsle Last und Kraft, lasse ihn dann wieder frei, und ändere, wenn es Noth thut, P so lange, bis auch unter diesen Umständen der Balken in horizontaler Lage in Ruhe kommt. Ist nun P in Q übergegangen, so hat man wieder $Q : x = b : a$ und daher aus beiden Proportionen $PQ = x^2$ und $x = \sqrt{PQ}$. — Feste Körper werden meistens unmittelbar in die Wagschale gelegt, wenn sie sich nicht an dieselbe anhängen; thun sie dieses, so legt man sie zuerst auf eine Unterlage, der sie nicht adhäriren und wiegt sie mit dieser ab, zieht aber nachher das Gewicht dieser Unterlage vom Gesammtgewichte ab. Gepulverte Körper sollen nie die Wagschale berühren, weil es immer schwer hält, dieselbe nach dem Abwägen ganz davon zu befreien, woraus für die Wage ein Nachtheil hervorgeht und auch die Frucht des Abwägens verloren geht, indem man stets einen Theil des Pulvers verliert. Darum wiegt man solche Körper in Uhrgläsern oder auf Glanzpapier ab. — Daß tropfbare Körper in eigenen Gefäßen abgewogen werden müssen, versteht sich von selbst. Um kleine Portionen derselben zu geben oder wegnehmen zu können, wendet man Glasstäbe an, falls ihnen die Flüssigkeit adhärirt, die man mit einem Ende in die flüssige Masse eintaucht und den daran hängenden Tropfen zugibt oder wegnimmt, je nachdem es der Zweck fordert. Für solche Flüssigkeiten, die sich nicht an das Glas anhängen, wie Quecksilber, bedient man sich eines gläsernen Haarröhrchens, das eine kleine flüssige Säule aufnimmt und das Uebertragen derselben gestattet, besonders wenn man es am andern Ende mit einem

---

$\frac{1}{1648000}$ der Last. Die Wagen von Florenz in Wien geben bei einer Belastung von $4\frac{1}{2}$ Pf. noch mit $\frac{1}{8}$ Richtpfennig also mit $\frac{1}{4718592}$ einen sehr deutlichen Ausschlag.

Finger schließt. — Man muß bei jedem abzuwägenden Körper wohl bedenken, ob sich während des Abwägens sein Gewicht nicht ändert, und wenn dieses der Fall ist, dieser Aenderung vorbeugen. Flüchtige Körper, wie z. B. Aether, werden in wohlverschlossenen Gefäßen abgewogen, solche, die leicht Wasser aus der Luft anziehen und die man nach dem Abwägen nicht mehr braucht, gibt man in eine abgewogene Portion Wasser, und wiegt sie mit dieser. — Am schwersten ist es, das Gewicht eines heißen Körpers genau zu bestimmen, weil dieser auf den Wagebalken erwärmend wirkt und so der Richtigkeit der Wage Abbruch thut. Darum darf man sich auf Resultate, die aus solchen Abwägungen geschöpft sind, nicht verlassen.

Es kommen Fälle vor, wo man die sucessiven Aenderungen im Gewichte eines Körpers erfahren will, der sich in einem geschlossenen Raume befindet, und nicht wohl vor Beendigung des Versuches herausgenommen werden kann; wie z. B. wenn es sich um das Fortschreiten der Verdunstung einer Flüssigkeit im geschlossenen Raume handelt. Da kann man mit einer gewöhnlichen Wage nicht zum erwünschten Ziele gelangen, weil bei dieser die Größe einer Gewichtsänderung am Körper, der sich an ihr im Gleichgewichte befindet, nur durch wirkliches Hinzugeben oder Wegnehmen der Gewichte bestimmen läßt. Man bedient sich deßhalb in einem solchen Falle einer Zeigerwage. Bei dieser gibt der Balken, wovon ein Arm über einem Gradbogen spielt, durch den Winkel, den er mit der fixen Linie macht, das Gewicht eines Körpers an. Zur nähern Kenntniß solcher Wagen führt folgende Betrachtung: Es sei ACB (Fig. 414) ein Winkelhebel, dessen Schwerpunkt nach G fällt, der sich um eine horizontale, durch C gehende Axe dreht und dessen Arm AC über einem aus C beschriebenen Kreisbogen DE spielt. In B ist eine Wagschale angehängt, auf welche der abzuwägende Körper zu liegen kommt. So lange der Balken nicht belastet ist, liegt AC in der Vertikalen CE, so wie aber auf die Wagschale eine Last wirkt, kommt dieser Arm dahin, daß er mit der Vertikalen den Winkel ACE macht, der sich an der Gradtheilung des Bogens DE ablesen läßt.*) Fig. 415. stellt eine Zeigerwage vor, wie sie im unbelasteten Stande sich zeigt. Sie ist mit einem verschiebbaren Gewichte

---

*) Es sei ABC $= a$, ACE $= \varphi$, BCE $= \varphi_{,}$, mithin $a = \varphi + \varphi_{,}$. — Man ziehe die Horizontalen BE und GH, nenne CG $=$ A, CB $=$ B, die Last P und das Gewicht des ganzen Balkens Q, und man hat für den Fall des Gleichgewichtes $Q . GH = P . BF$ oder $= QB \sin \varphi = PA \sin \varphi_{,}$, das ist $QB \sin \varphi = PA (\sin a \cos \varphi - \sin \varphi \cos a)$ und $\text{tang}\, \varphi = \frac{PA \sin a}{QB + PA \cos a}$. Man kann die Theilung am Bogen DE gleich nach dieser Formel einrichten, damit der Hebelarm AC das aufgelegte Gewicht unmittelbar angebe. Auch ist es klar, daß man für denselben Bogen Hebel von verschiedenem Gewicht anbringen, und daher größere und kleinere Lasten abwägen kann. —

am Zeigerarme versehen, so daß man sie für leichtere und schwerere Lasten brauchen kann, in derselben Art, in der man bei Schnellwagen die Geltung des Gewichtes durch Veränderung des Abstandes vermehrt. Der Kreisbogen hat 12 Zoll im Halbmesser, und der Zeiger gibt das Gewicht der auf die Wagschale gelegten Körper von 22 Gr. bis 1 Milligramm an. *)

---

*) Wenn man sich beim Abwägen eines Körpers auch der genauesten Wage bedient, die beste Abwägungsmethode anwendet und in der Manipulation durchaus richtig verfährt, so erhält man doch das absolute Gewicht des abzuwägenden Körpers nicht genau; denn dazu wäre erforderlich, daß die Abwägung im leeren Raume vor sich ginge. Um nun das in der Luft erhaltene Resultat auf den leeren Raum zu reduciren, sei P das gesuchte absolute Gewicht des Körpers, und S sein specifisches Gewicht bei der Temperatur von 0° C. Sein Volumen wird demnach $\frac{P}{S}$ sein. Dehnt sich der Körper von 0° C bis zur herrschenden Temperatur t linear in dem Verhältnisse 1 : c aus; so ist sein Volumen bei t° C gleich $\frac{P c^3}{S}$ und er verdrängt unter diesen Umständen die Luftmasse $\frac{P c^3 s}{S}$, wenn s das specifische Gewicht der Luft bezeichnet. Demnach zieht er am Wagebalken mit der Kraft $P\left(1 - \frac{c^3 s}{S}\right)$ herab. Bezeichnen nun die Buchstaben P_1 c_1 S_1 dasselbe für die Gewichte, was P c S für den abzuwägenden Körper bezeichnet haben; so zieht das Gewicht am andern Arme des Wagebalkens mit der Kraft $P_1\left(1 - \frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)$ und wenn der Körper mit dem Gewichte im Gleichgewichte steht, hat man $P\left(1 - \frac{c^3 s}{S}\right) = P_1\left(1 - \frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)$ und hieraus

$$P = \frac{P_1\left(1 - \frac{c_1{}^3 s}{S_1}\right)}{1 - \frac{c^3 s}{S}}.$$

— Die Größe s ist gegeben durch die Gleichung

$$s = \frac{s_0\, b}{0{,}76\,(1 + 0{,}00375\, t)} = \frac{b}{259581\,(1 + 0{,}00375\, t)}$$

wo b den Barometerstand, s_0 das specifische Gewicht der Luft bei 0° bezeichnet, oder wenn man $\frac{1}{259581\,(1 + 0{,}00375\, t)} = \alpha$ setzt, $s_0 = \alpha\, b$.

Zur leichtern Berechnung von s dient die nachstehende Tafel, welche für die verschiedenen Werthe von t den Logarithmus α angibt. Es läßt sich auch zur Erleichterung der Berechnung von $\frac{c^3\, s}{S_1}$ etwas thun. Da man sich nämlich meistens messingener Gewichte bedient, deren specifisches Gewicht = 8,4 und deren Längenausdehnung für 1° C = 0,000018785 ist, so hat man $\frac{c^3\, s}{S_1} = \frac{(1 + 0{,}000018785)^3\, \alpha\, b}{8{,}4} = \beta\, b$. Zur Berechnung von β dient ebenfalls die nachstehende Tafel, indem sie für mehre Werthe von t den log. β enthält.

Baumgartner beschreibt folgende zwei ausgezeichnete Wagen. Der Wagebalken der einen besteht aus zwei hohlen, messingenen, abgestumpften, an ihren Basen mit einander verbundenen Kegeln (Fig. 416.), ist 26 Zoll lang, hat in der Mitte 25 L., an jedem Ende $5\frac{1}{4}$ L. im Durchmesser und wiegt 22 Loth. Die Axe, um die er sich dreht, sowohl als die zwei Zapfen, welche zur Aufhängung der Schalen bestimmt sind, bestehen aus glashartem Stahl und laufen in ungemein scharfe Schneiden aus. Die Stelle der Zunge vertritt ein Arm des Balkens. Dieser ist deshalb am äußersten Ende mit einem feinen konischen Stift versehen und spielt neben einem Gradbogen, den ein horizontaler Arm des Postamentes trägt. Um den Schwerpunkt des Balkens ohne sonstige Verrückung heben und senken zu können, ist unterhalb seiner Axe ein Gewicht angebracht, das an einer vollkommen geraden Schraube steckt und sich an derselben heben und senken läßt. Die Zapfen zur Aufnahme der Schalen sind an den Balken mittels Schraubenvorrichtungen befestigt und lassen sich mittels dieser Schrauben in die nöthige Lage bringen. An der Seite, wo sich der Gradbogen befindet, ist der Stift nur zum Heben und Senken eingerichtet, kann aber der Drehungsaxe weder genähert noch von ihr entfernt werden. Durch diese Einrichtung kann man es dahin bringen, daß die gerade Linie, welche die Aufhängepunkte der Schalen verbindet, genau auf jener senkrecht steht, welche durch die Drehungsaxe und den Schwerpunkt des Balkens geht. Am entgegengesetzten Ende des Balkens ist der Stift für die Schale so eingerichtet, daß er der Drehungsaxe genähert und von ihr entfernt werden kann, ohne sich zu heben oder zu senken. Dieses ist dadurch bewerkstelligt, daß die mittlere der drei Schrauben, durch welche eine mit dem Tragstift verbundene Platte an den Hebelarm befestigt ist, am untern Ende ein excentrisches Zäpfchen hat. Wird diese Schraube gedreht, so beschreibt dieses Zäpfchen einen kleinen Kreis um die Axe der Schraube und schiebt dadurch die mit dem Stift verbundene Platte und hiermit den Stift selbst auswärts oder einwärts. Mittels dieser Vorrichtung läßt sich den beiden Armen des Balkens eine

Temperatur	Logarithm. α	Logarithm. β	Temperatur	Logarithm. α	Logarithm. β
0	4,58573	3,66145	14	4,56351	3,63957
1	4,58411	3,65985	15	4,56196	3,63804
2	4,58248	3,65825	16	4 56042	3,63653
3	4,58087	3,65666	17	4,55889	3,63503
4	4,57926	3,65508	18	4,55736	3,63352
5	4,57766	3,65350	19	4,55584	3,63202
6	4,57607	3,65193	20	4,55432	3,63053
7	4,57448	3,65037	21	4,55281	3,62904
8	4,57289	3,64881	22	4,55130	3,62756
9	4,57131	3,64725	23	4,54980	3,62608
10	4,57100	3,64700	24	4,54830	3,62461
11	4,56974	3,64571	25	4,54681	3,62314
12	4,56818	3,64416			
13	4,56661	3,64263			

vollkommen gleiche Länge ertheilen. Um nun auch die Momente der beiden belasteten Arme von gleicher Größe zu erhalten, ohne die eigentliche Länge derselben zu ändern, hat der Balken an dem Ende, wo die zuletzt besprochene Vorrichtung angebracht ist, eine cylindrische Verlängerung, in welche eine Schraube eingeschnitten ist, an der ein kleines Gewichtchen steckt, das sich ebenfalls von der Axe entfernen und ihr nähern läßt. Die Schalen werden nicht unmittelbar an die konischen Stifte gehängt, sondern zuerst in Stahlringe, die mit eigenen stählernen Haken an den Balken angehängt werden. Der ganze Wagebalken ruht auf einem festen Postamente, welches man mittels zweier Wasserwagen, die am Fußgestell angebracht sind, in einen verticalen Stand bringt. Mittels einer eigenen Vorrichtung läßt sich eine im Postamente enthaltene gezähnte Stange, die oben in zwei Tragarme ausgeht, heben und senken; beim Heben fassen die Arme den Balken zu beiden Seiten der Axe und unterstützen ihn, beim Senken lassen sie ihn wieder frei. — Diese Wage trägt ohne Schaden für den Balken auf jeder Schale 3 Pfund, und ist für $\frac{1}{1200000}$ dieser ganzen Belastung (Last und Gewicht) empfindlich. — Fig. 417. stellt die andere Wage vollständig mit ihrem Zubehör vor. Ihre Einrichtung ist im Ganzen mit der vorhergehenden übereinstimmend, doch ist der Balken aus Messingblech und durchbrochen. Sie trägt nur auf jeder Schale 1 Pfund und ist für $\frac{1}{800000}$ empfindlich.

Für den Physiker von Interesse ist die Leupoldsche Universalwage. Dieselbe besteht aus einem parallelipipedischen Stabe von Holz, Eisen oder Messing, der von seinem Mittelpunkte aus in gleiche Theile getheilt ist. Ein Stativ trägt die Pfannen, auf welchen die Zapfen ruhen. Scheere und Zunge fehlen ganz, weil das Instrument zu feinen Wägungen nicht bestimmt ist und man die Horizontalität des Balkens schon wegen seiner Länge wohl erkennen kann. Die Zapfen, welche zur Aufhängung des Wagebalkens dienen, so wie die, an welche die Wagschalen gehängt werden, sind an Kapseln angebracht, welche über den Wagebalken geschoben und an welchem Punkte man will mit Schrauben angedrückt werden. Daher kann man alle drei Punkte: den Umdrehungspunkt und die beiden Angriffspunkte des Hebels bequem verlegen. Man bedient sich dieses Instruments um alle Gesetze des Hebels und der Wage mit Hilfe desselben zu erläutern.

Ueber die hydrostatische Wage, deren man sich vorzüglich bei Bestimmung des specifischen Gewichtes bedient, und den dazu gehörigen Apparaten s. d. Art. Schwimmen S. 444. und Specifisches Gewicht.

Im 17. Jahrhundert legte Roberval ein nach ihm die Robervalsche Wage benanntes Instrument als ein mechanisches Paradoxon vor. Es besteht dasselbe in einem zusammengesetzten Hebel, an dem Kräfte, welche einmal im Gleichgewicht sind, beständig in demselben verharren, in welche Entfernung vom Ruhepunkte man sie auch bringen mag, selbst dann sogar, wenn sie sich auf derselben Seite vom Ruhepunkte befinden. Die vier Lineale (Fig. 418.) a b, b c, c d, d a bilden zusammen ein Parallelogramm, und sind durch vier Nägel a, b, c, d dergestalt mit einander verbunden, daß sie sich um selbige frei drehen

können. Die beiden Lineale ab und dc sind in der Mitte mit den beiden Stiften e und f, an das Fußgestelle gh so befestigt, daß sie sich ebenfalls um selbige drehen lassen. Auf solche Art kann das ganze Parallelogramm die punktirte Lage annehmen, jedoch so, daß die beiden gegenüberstehenden Seiten beständig gleich und parallel, und ad und bc immer vertical bleiben. Bringt man nun an diese Lineale ad und bc die Arme mi und no senkrecht an, und befestigt dieselben bei p und q so, daß sie sich nicht drehen können, so werden die gleichen Gewichte k und l im Gleichgewichte sein, an was für Punkten der Arme mi und no sie auch hängen mögen. Man hänge z. B. k an m und l an o, wie es die Figur vorstellt, so wird Alles im Gleichgewichte sein, obgleich k dem Ruhepunkte oder der stehenden Säule gh näher, als l scheint. — Weil das Lineal im bei p ganz fest ist, so kann das in m aufgehangene Gewicht k nicht anders wirken, als wenn es in p angebracht nach der verticalen Richtung ad wirkt. Wenn sich hingegen das Gewicht um p drehen könnte, so würde alsdann das Moment k. mp in Betrachtung gezogen werden müssen; weil aber diese Umdrehung wegen der Befestigung in p nicht Statt finden kann, ohne zugleich das Lineal ad aus der verticalen Lage zu bringen, so wird durch dieses statische Moment blos eine Stemmung der beiden Lineale ab und cd gegen die Nägel e und f zu Wege gebracht, und die ziehende Kraft nach der verticalen Richtung an diesem Lineale im ist weder stärker noch geringer, als wenn k an p selbst angebracht wäre, indem dieser Ruhepunkt des Hebels ipm das Gewicht p mit zu tragen bekommt. Die nämliche Beschaffenheit hat es mit dem Gewichte l. Mithin bleibt Alles im Gleichgewichte, wenn nur p und q gleich weit von ef entfernt sind, und auf beiden Seiten Alles gleich schwer ist. — Der nämliche Erfolg wird Statt haben, wenn der feste Arm im bis r verlängert würde, und k in r hinge, in welchem Falle k und l auf einerlei Seite des Ruhepunkts zu hängen scheinen. Hierbei würde aber natürlich vorausgesetzt werden müssen, daß das Gewicht des Arms ir eben so schwer als der kürzere no sein müßte, wenn die Wage im Gleichgewichte sein sollte.

Die oben S. 861. schon im Allgemeinen beschriebene **Schnellwage**, wird die **Römische Wage** genannt. AB (Fig. 419.) stellt eine solche vor; a ist die Scheere mit dem Ringe k, an welchem die Wage aufgehängt wird und innerhalb welcher die Zunge spielt. An den Haken f wird dann der zu wägende Körper gehangen, und i ist das auf den längeren Hebelarm verschiebbare Gewicht. Der Umdrehungspunkt der Wage liegt bei dieser Aufhängung in C. Damit jedoch die Wage auch noch für gewichtigere Körper brauchbar sei, ist noch eine zweite Scheere d mit dem Ringe b angebracht. Hängt man die Wage an diesem auf, und wendet den Haken (der mit seiner Gabel über A weggeht) um, so findet offenbar zwischen bei beiden Armen des Hebels ein noch größerer Unterschied statt und das Gewicht i hält nun bei geringeren Abständen vom Drehungspunkte größeren Lasten das Gleichgewicht. Der längere Hebelarm ist so vierkantig geformt, daß bei jeder Aufhängung eine scharfe Kante nach oben steht, auf welcher das Gewicht mit seiner Fassung

fortgeschoben wird. Die Fig. gibt die Eintheilung für jede Aufhängung an, an welcher man das Gewicht abliest. Der Theorie nach braucht man, um jene Eintheilung herzustellen, die Länge des kürzeren Hebelarmes auf dem längeren vom Drehungspunkte ab nur so oft aufzutragen als möglich ist. Hierbei ist jedoch vorausgesetzt, daß der Wagebalken im unbelasteten Zustande in horizontaler Lage bleibt, ist dieses nicht der Fall, so werden die Abstände nach dem Gewichte am besten ein für allemal durch Vergleich mit einer guten gleicharmigen Wage bestimmt.

Eine eigenthümliche Art von Wagen sind endlich noch die Schwedischen oder Dänischen Wagen. Bei diesen ist nämlich der Unterstützungspunkt verschiebbar, während die Angriffspunkte der Last und des Gewichtes, so wie das Gewicht selbst gleich bleiben. Auch hier muß (s. oben S. 860.) stets $AG = ga$ oder $G = \frac{a}{A} g$ sein; das Verhältniß $\frac{a}{A}$ ist es, welches sich mit G ändert. Fig. 420. stellt eine solche Wage vor. Bei F ist ein Doppelrinken, welcher oben aufgehangen wird und in dessen unterem Theile der Balken verschiebbar ist; K ist das Gewicht, b der Haken für die Last W, A deren Angriffspunkt. Die Eintheilung geht von C an und ist (am besten nach Vergleich mit einer gemeinen Wage) so regulirt, daß die Zahlen ohne Weiteres die Größe des Gewichtes der Last z. B. nach Pfunden angeben. Man sieht leicht ein, daß bei dieser Wage die Abstände der einzelnen Theilstriche nicht gleich sein können.

Proney hat einen Träger für Wagen von allen Dimensionen angegeben, der darauf berechnet ist, alle Operationen mit der Wage zu erleichten, ohne ihre Genauigkeit zu vermindern. Fig. 421. und 422. stellt diesen Träger in der Vorderansicht und in der Seitenansicht im Durchschnitt vor. Aaaa ist ein kupferner Fuß, welcher in die drei Enden a, a, a ausgeht, die auf einem Tische oder einer horizontalen Ebene festgeschraubt sind. In den Theil A dieses Fußes ist ein cylinderförmiger Stab AB geschraubt, welcher von einer beliebigen Länge sein kann. Es ist gut, wenn man zwei solche Stäbe von verschiedener Länge hat (z. B. von $\frac{1}{2}$ und 1 Meter), um nach Bedarf den einen oder den anderen anzuwenden. Eine verticale Rolle P ist an das Ende der Stange AB so angebracht, daß dieselbe verticale Ebene durch die Are des Stabes und die horizontale Are der Rolle geht; die Gabel innerhalb welcher diese Rolle sich bewegt, geht nach unten in eine Röhre aus, welche mit einiger Reibung über das Ende des Stabes geschoben und durch eine Schraube E angedrückt wird. Eine andere Rolle p (Fig. 421.) ist unten an dem Stabe angebracht, in einer solchen Stellung, daß die Tangente an beide Rollen P und p der Are des Stabes AB parallel ist. Eine Schnur ktpHGPF geht mit dem Ende, an welches an der Außenseite der verticalen Tafel K ein kleines Gewicht k angehängt ist, durch ein Loch t im Fuße a, liegt über den Rollen p und P und ist bei F an ein Stück mm'nq befestigt, welches die Gestalt einer Gabel hat und an welches die Wage, die Gewichte

und die Substanzen, welche gewogen werden sollen, aufgehängt werden. Fm ist ein Knopf, welcher an den Stiel der Gabel geschraubt wird und der das Ende der Schnur aufnimmt. Der Stiel der Gabel ist an dem Theile m′n von prismatischer Form. Dieser prismatische Theil geht durch die Rinne ff in dem horizontalen Stücke des NO, so daß er frei aufwärts und abwärts gleiten kann. Diese Bewegung ist jedoch durch die vorstehenden Theile m und n beschränkt. Das Stück NO, welches hohl ist und bei O für den Stab AB eingeschnitten ist, kann nach oben und unten verschoben und rund um den Stab gewendet werden. Nachdem es auf die gehörige Höhe gebracht worden ist, so wird es in der Mitte durch die Schraube V befestigt, und dann ist nothwendig, erstens, daß es in einer solchen Höhe sich befinde, daß, wenn das Hinderniß m oberwärts auf der Rinne ff aufliegt, indem die Länge von NO unveränderlich ist, die Schalen der Wage in Berührung mit der Tafel oder horizontalen Fläche kommen, (wonach die Wage also um die ganze Länge von fn gehoben werden kann) und zweitens, daß die Schnur PF in einer und derselben verticalen Ebene mit HG sich befinde. Die Rinne bei N muß so angebracht sein, daß die Axe des prismatischen Theiles des Endes der Gabel, und die Schnur FP′ immer in derselben verticalen Ebene, oder parallel der Axe des Stabes AB bleibe. Unter diesen Voraussetzungen stelle man sich vor, daß die zwei Arme nq der Gabel mit Löchern von verschiedenem Durchmesser durchbohrt wären, um horizontale Schrauben gg von verschiedener Gestalt aufnehmen zu können, und man wird Alles beisammen haben, was für die gewöhnlichen in der Luft mit Wagen, deren Balken von oben befestigt sind, vorzunehmenden Wägungen erforderlich ist. — Die Wage mag nun beschaffen sein, wie sie will, man bringt das Ende ihrer schwebenden Handhabe in die Gabel nq und steckt in das runde Loch, welches die Handhabe jeder Wage in der Regel an ihrem äußersten Ende hat, irgend eine von den Schrauben, die mit Leichtigkeit sich darin bewegt, und bringt hierauf das Stück ON in einer Art an, welche die durch die Stellung des Stückes gebotenen Bedingungen erfüllt, worauf man es mit der Schraube V befestigt. Ist dieß geschehn, so sind die Schalen der Wage zu beschweren, die sich, da sie die Tafel der horizontalen Ebene berühren, nicht bewegen können. Sind die Schalen mit Gewicht beschwert, so ergreift man den kleinen Knopf k und zieht an der Schnur, an welcher er hängt, um auf diese Weise das Gleichgewicht sehr sanft herzustellen; sind die Schalen nicht im Gleichgewicht, so läßt man die Schnur nach, bis sie auf der Tafel bleiben, und so fort. Ein Gegengewicht Q, welches an der Schnur PG hängt, muß dem Gewicht der Wage das Gleichgewicht halten. Durch diese Vorsichtsmaßregel bewirkt man, daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt aller Kräfte, der durch die Rolle P unterstützt wird, für alle Fälle mit der Axe des Stabes AB zusammenfällt, welcher daher keine Neigung erhält, sich zu biegen. —

Man hat zu Zwecken des Verkehrs mancherlei Wagevorrichtungen ersonnen, welche näher zu beschreiben hier nicht der Ort ist. Nur im Allgemeinen mag noch der sogenannten Brückenwage gedacht werden.

AB (Fig. 423.) ist ein in E aufliegender Wagebalken, der mit der Stange BC und dem zweiten Wagebalken CD so verbunden ist, daß eine Drehung um die Verbindungspunkte B und C Statt finden kann; das Ende D aber ist um eine an den Unterlagen befestigte Axe D drehbar. Läßt man nun auf die Brücke FG, die mittels der Stütze H auf den zweiten Hebelarm in H drückt, einen beladenen Wagen fahren, und belastet zugleich die Wagschale A, so wird, wenn AE fünfmal so groß als EB ist, ein Gewicht in A gleich 10 Pfunden, in B eine hinaufziehende Kraft von 50 Pfund hervorbringen, und wenn ferner CD fünfmal so groß ist als HD, so widersteht diese in C hinaufziehende Kraft von 50 Pfunden einer in H drückenden Kraft von 250 Pfunden; man hat also nur den 25sten Theil des in H drückenden Gewichtes nöthig, um auf der Wageschale A der Last H das Gleichgewicht zu halten. Dies gewährt nicht bloß eine Bequemlichkeit wegen des sehr erleichterten Abhebens und Aufsetzens der Gewichte, sondern der Druck auf die Unterlagen wird auch geringer. Wollte man 2500 Pfund mit der gewöhnlichen Wage abwägen, so müßte man die zweite Schale mit 2500 Pfund, also die Unterlage mit 5000 Pfund belasten; hier hingegen müssen, wenn in H 2500 Pfund drücken, in C 500 Pfund hinaufziehen und D leidet doch nur einen Druck von 2000 Pfunden, E einen Druck von 600 Pfunden, weil in A nur 100 Pfund nöthig sind, um in D den Druck von 500 Pfunden hervorzubringen.

Wasserblei, Molybdän, ein unedles, schweres Metall, wurde zuerst als Molybdänsäure von Scheele 1778 entdeckt und von Hielm 1782 als Metall dargestellt. Es kommt natürlich mit wenig Schwefel verbunden als Wasserblei und als molybdänsaures Bleioxyd vor. Das reine Metall ist silberweiß, stark glänzend, oder ein aschgraues Pulver, von 8,6 spec. Gewicht, härter als Silber und schwer schmelzbar. An der Luft verliert das Molybdän allmählig seinen Glanz und oxydirt sich. Beim Erhitzen wird es, nicht selten unter Feuerentwicklung, braun, dann blau, zuletzt weiß. Durch Salpetersäure und Königswasser wird es aufgelöst und durch concentrirte Schwefelsäure in ein braunes Pulver verwandelt, von anderen Säuren aber nicht angegriffen. — Das Molybdänoxydul ist ein braunschwarzes Pulver, welches mit Wasser schwarzes Molybdänoxydulhydrat und mit Säuren die dunkelgrünen oder schwarzen Molybdänoxydulsalze gibt. — Das Molybdänoxyd ist dunkelbraun und bildet mit Wasser ein rostbraunes, trocken schwarzbraunes Pulver, Molybdänoxydhydrat, mit Säuren die Molybdänoxydsalze, welche im wasserleeren Zustande beinah schwarz, im wasserhaltenden roth sind. — Die Molybdänsäure ist eine weiße, leichte, poröse Masse, von Seidenglanz, die sich zart wie Talg anfühlt und in der Hitze zu einer strahligen, grünlich- oder gelblichweißen Masse schmilzt, in der Hitze, besonders unter Luftzutritt flüchtig ist und durch Sublimation weiße glänzende Blätter und Nadeln bildet, beim Erhitzen vorübergehend gelb wird, scharf metallisch schmeckt, sauer reagirt und in Wasser etwas schwer löslich ist. Mit stärkeren Säuren gibt sie Doppelsäuren von meistens gelber

Farbe und schrumpfend metallischem Geschmack; mit Basen molybdänsaure Salze, welche theils weißlich theils gelb sind. — Das einfach Chlormolybdän (Molybdänchlorür) ist eine dunkelrothe, im Wasser unlösliche Masse, welche im lufthaltenden Raume erhitzt unverändert als eine ziegelrothe Masse, im luftleeren erhitzt als dunkelgrüne Masse sublimirt, die letztere ist von derselben Zusammensetzung wie die erste, aber löst sich leicht in Wasser als salzsaures Molybdänoxydul. — Das doppelt Chlormolybdän raucht an der Luft und zerfließt und löst sich unter starker Erhitzung in Wasser als salzsaures Molybdänoxyd. — Das dreifach Chlormolybdän (Molybdänsuperchlorid) bildet zarte gelblichweiße Krystallschuppen, ist unschmelzbar, etwas weniger flüchtig als das Chlorid, und in Wasser leicht löslich als salzsaure Molybdänsäure. — Das doppelt Schwefelmolybdän ist das natürlich vorkommende Wasserblei. Das dreifach Schwefelmolybdän ist ein schwarzbraunes Pulver. Das vierfach Schwefelmolybdän bildet einen dunkelrothen durchscheinenden, voluminösen Niederschlag, welcher beim Trocknen stärker einschrumpft, körnig, grau und metallglänzend wird.

Wasserhammer, Pulshammer nennt man eine gläserne Röhre, welche etwas Wasser enthält, übrigens luftleer und auf beiden Seiten verschlossen ist. In der Regel ist sie 10 bis 12 Zoll lang, geht am oberen Ende in eine Spitze aus, und ist unten halbkugelförmig erweitert oder mit einer angeblasenen Kugel versehen. Hält man diese Röhre erst mit der Spitze nach unten und kehrt sie dann schnell um, so schlägt das Wasser mit einem Schall an, als ob ein fester Körper gegen das Glas schlüge und zerschlägt es, wenn das Glas nicht hinreichende Festigkeit besitzt. Man kann den Wasserhammer leicht herstellen, wenn man anfangs die Spitze offen läßt, das Wasser in dem unteren Theile über eine Lampe zum Sieden bringt und nachdem alle Luft ausgetrieben, die Röhre aber ganz mit Wasserdampf gefüllt ist, die Spitze zuschmilzt. Der Grund des heftigen Anschlagens ist der Mangel der Luft im Innern der Röhre, durch welche die Bewegung des Wassers keine Verzögerung erfährt und das Zerspringen des Glases geschieht leichter, weil kein Gegendruck im Innern der Röhre vorhanden ist, welcher dem äußeren atmosphärischen Drucke das Gleichgewicht hält. Die im Art. Luftballon angeführten Versuche erläutern den letzten Umstand näher. Das scharfe Anschlagen einer Flüssigkeit an das Glas im luftleeren Raume beobachtet man auch an jedem Barometer, wenn er umgewendet wird, welches daher immer mit großer Vorsicht geschehen muß. S. d. Art. Barometer.

Wasserhebemaschinen sind Maschinen, welche dienen das Wasser auf mehr oder weniger hohe Orte aus niedriger gelegenen emporzuschaffen. Man kann sich hierzu herab und hinauf gehender Eimer bedienen und kann diese auf mannigfach verschiedene Weise anbringen, welches näher anzuführen, hier nicht der Ort ist, da es von keinem phy=

sikalischen Interesse ist. Eben so wenig kann von den großen künstlichen Werken die Rede sein, welche einen Gegenstand der Technologie ausmachen, die aber auf den Principien der einfachen Wasserhebemaschinen beruhen, deren hier Erwähnung zu thun. Die gebräuchlichsten Wasserhebemaschinen sind die Pumpen. Man unterscheidet Saugwerke, Druckwerke und Saug- und Druckwerke. Von den beiden letzten Arten ist im Art. Druckwerke gehandelt und es kommen daher nur noch die Saugwerke in Betracht. Die Saugpumpen sind im allgemeinsten Gebrauche und beruhen auf dem Principe, daß Wasser bis zur Höhe von 32 F. durch den äußeren Luftdruck in einer luftleeren Röhre emporgetrieben wird. (Vergl. d. Art. Atmosphäre und Barometer.) Fig. 424. stellt eine einfache Saugpumpe im Durchschnitt dar. CE ist die Saugröhre, welche mit dem unteren Ende unter der Oberfläche des emporzuhebenden Wassers steht. Ueber ihr steht die Röhre AC, welche einen Kolben nopq enthält, der mit Hilfe der Kolbenstange ml herauf und herunter bewegt werden kann. Diese Röhre AC heißt der Stiefel. Dieselbe wird von der Saugröhre durch das Ventil i geschieden, welches sich nach oben öffnet, *) und in sr hat der Stiefel eine offene Ausgußröhre. Der Fuß der Saugröhre ist unten mit einer siebartigen Vorrichtung (Seiher) geschlossen, damit nur unverunreinigtes Wasser in sie zu dringen vermag. Der Kolben im Stiefel ist in seiner Mitte durchbohrt, und diese Oeffnung h ist mit einem nach oben gehenden Ventile k verschlossen. Von selbst dringt das Wasser, wenn die Luft aus der Röhre CE entweichen kann bis zur IK ein, weil sich das Wasser außerhalb und innerhalb jeder offenen eingetauchten Röhre in gleiches Niveau stellt. Nun stehe der Kolben bei CD auf, das Ventil i sei geschlossen. Erhebt sich hierauf der Kolben, so breitet sich die Luft unter ihm aus, die Luft im Saugrohre wird sich gleichfalls ausdehnen, das Ventil i sich öffnen, zugleich aber auch dadurch ein Uebergewicht der auf die Wasserfläche drückenden atmosphärischen Luft über die Luft im Innern der Röhre, welche den Gegendruck leistet, entstehen und sich folglich das Wasser in CE erheben, bis die Luft über ihr wieder mit der äußern Luft dieselbe Dichte hat. So steigt etwa das Wasser in den Saugröhren bis zum Niveau GH. Nun gehe der Kolben wieder herab, so schließt sich durch den von dieser Bewegung erzeugten Luftdrucke das Ventil i, und es öffnet sich das Ventil k. Beim Herabgehen des Kolben geht alle Luft unter ihm über i durch die Oeffnung h und man übersieht leicht, daß bei einem zweiten Kolbenhube eine neue Hebung des Wassers in der Saugröhre erfolgt. Bald steht das Wasser über dem Ventile i, welches seinen Rückfall verhindert, sobald es sich beim Niedergehen des Kolbens schließt. Hierbei öffnet sich aber wieder des Ventil k und das Wasser unter dem Kolben tritt durch h über denselben. Geht nun der Kolben in die Höhe, so schließt sich das Ventil k und der Kolben führt das über ihn getretene Wasser mit empor, wo es sich dann durch die Röhre sr ergießt. Man übersieht leicht, daß dem Principe gemäß,

*) Ueber Ventile s. d. Art. Dampfmaschine S. 521.

auf welches sich die Saugpumpe gründet, die Entfernung bis zu welcher das Wasser emporzusteigen genöthigt wird, nicht mehr als 32 F. betragen darf. Aber auch 32 F. hoch wird das Wasser nicht in einer Pumpe steigen, weil ein Pumpenapparat sich niemals mit solcher Vollkommenheit darstellen läßt, daß ein vollständig luftleerer Raum unter dem Kolben entsteht, daher immer ein, wenn auch geringerer, innerer Luftdruck vorhanden ist, welcher einem Theile des Atmosphärendruckes das Gleichgewicht hält. Man nimmt die Entfernung bis zu welcher der Kolben emporsteigt, vom Niveau des Wasserspiegels daher niemals höher als 28 par. F. Auch darf das Ventil i nicht zu hoch angebracht werden, und es ist vielmehr besser den Stiefel zu verlängern, weil sonst die Luftverdünnung unter dem Kolben leicht zu gering ist um das Wasser bis über s zu heben. Da sobald der Kolben unten steht, das über ihn getretene Wasser nicht mehr durch Saugen gehoben, sondern mit der Kolbenstange heraufgezogen wird, so ist klar, daß man dem Stiefel jede beliebige Länge geben kann, so lange der Kolben die Kolbenstange und die unteren Theile des Stiefels die Last des auf ihnen ruhenden Wassers, die Reibung u. s. w. ertragen können. Auf diese Weise hebt man bei sehr tiefen Brunnen und den Vorlöchern der Salinen das Wasser auf 100 und mehr Fuß. In Bergwerken bringt man, um das Wasser auf größere Höhen zu erheben, statt dessen sogenannte Kunstsätze an, d. h. eine Reihe von Pumpen, von denen jede höherstehende das Wasser, welches die unter ihr stehende in einen Behälter ausgegossen hat, auf eine mäßige Höhe emporpumpt.

Beim Niedergehen des Embolus (Kolben) wird kein Wasser gehoben und der Ausfluß desselben müßte also während dieser Zeit aufhören. Indeß ist die Ausflußöffnung in der Regel so klein, daß das Wasser im Pumpenstocke bis zu einiger Höhe über dieselbe gehoben wird und daher ein anhaltendes Ausfließen, jedoch in ungleicher Menge, stattfindet. Außerdem pflegt man zuweilen in der Höhe der Ausflußöffnung einen weitern Behälter anzubringen, in welchem sich das Wasser sammelt und aus ihm dann in fast gleichbleibender Menge abfließt. Die Menge des gehobnen Wassers läßt sich hiernach leicht finden, indem sie dem Kubikinhalte eines Wassercylinders gleich ist, welchen man erhält, wenn man den Querschnitt des Stiefels, worin sich der Embolus bewegt, mit der Höhe seines Hubes multiplicirt und das Produkt durch die Zahl der Kolbenhube in einer gegebnen Zeit vervielfacht, wobei jedoch auf einigen Verlust wegen mangelhaften Schließens der Maschinentheile gerechnet werden muß. Ist die Kraft zu finden, welche erfordert wird, um vermittels des Kolbens das Wasser zu heben, so darf man nur berücksichtigen, daß auf die obere Fläche des Embolus die gesammte über ihm stehende Wassersäule bis zur Ausflußmündung (wenn das Wasser nur bis zu dieser steigt) und die atmosphärische Luft drückt, letztere aber zugleich auch auf den äußeren Wasserspiegel oder, was einerlei ist, gegen die untere Fläche desselben. Diese beiden gleichen Größen würden sich einander aufheben, wenn nicht der äußere Druck um soviel vermindert würde, als das Gewicht der durch Saugen gehobenen Wassersäule beträgt, welche Größe daher der zu hebenden Last hinzu-

addirt werden muß. Man kann demnach, wie es gewöhnlich geschieht, entweder beide entgegenstehende Größen addiren, oder einfacher nur die Differenz beider, die durch die untere Wassersäule gegeben ist, hinzuaddiren. Indem aber der hydrostatische Druck des Wassers der Basis multiplicirt mit der Höhe gleich ist, so sei die Höhe der Wassersäule unter dem Embolus $= h'$, über demselben $= h$, der Halbmesser des Embolus $= r$, und dann ist die zum Heben erforderliche Kraft $K = r^2 \pi (h + h')$ oder, wenn $h + h' = H$ gesetzt wird, $K = r^2 \pi H$. Hierzu muß dann noch das Gewicht des Kolbens und der Stange, desgleichen der Reibungs-Coefficient addirt werden, wenn man das Trägheitsmoment des in Bewegung zu setzenden Wassers und der Maschinentheile, deßgleichen den Widerstand durch die Adhäsion des Wassers an die Wandungen der Pumpenstöcke vernachläßigt. Beim Herabgehen ist bloß die Reibung des Embolus und der Widerstand des durch das obere Ventil dringenden Wassers zu überwinden, welche jedoch bei hohen Pumpenstöcken durch das Gewicht des Embolus und hauptsächlich der Kolbenstange bei weitem überwogen werden. Bei gemeinen Pumpbrunnen vernachläßigt man diese Ungleichheit der beim Aufgange und Niedergange des Kolbens erforderlichen Kraftäußerung, sollen die Pumpen aber insbesondere durch Maschinen mit stets gleichbleibendem Kraftaufwande betrieben werden, so wird zum Heben ein Hülfsgewicht, meistens ein Kasten mit Steinen, angewandt, dessen Gewicht die Hälfte der zu hebenden Last beträgt, so daß bei ungefähr gleicher Reibung beim Auf- und Niedergange des Kolbens stets die Hälfte der ganzen zu wältigenden Last überwunden wird. Indem aber endlich die erforderliche Kraft dem Flächeninhalte des Querschnitts durch die Axe des Embolus multiplicirt mit der Höhe der zu hebenden Wassersäule proportional ist und mit Rücksicht auf die aufzuwendende Zeit mit der Höhe, bis wohin der Embolus gehoben wird, und der Zahl der Hebungen in einem gegebenen Zeitraume wächst, die Menge des gehobenen Wassers aber gleichfalls dem Flächeninhalte jenes Querschnitts, deßgleichen der Höhe und Anzahl der Hube in einer gegebnen Zeit proportional ist, so folgt, daß bei gleichen Hebungshöhen die Menge des geförderten Wassers dem erforderlichen Kraftaufwande proportional sein muß und, wenn dieses nicht stattfindet, eine fehlerhafte Construction der Maschinentheile als Ursache hiervon erscheinen kann.

Die **Wassersäulenmaschine** wird durch den Druck einer Wassersäule in Bewegung gesetzt, und kann daher nur da angelegt werden, wo hinreichendes Wasser von hinlänglich starkem Gefälle vorhanden ist. Man bedient sich derselben vorzugsweise in Bergwerken. In Fig. 425. ist das Wesentliche dieser Maschine dargestellt. Die verticale Fallröhre A führt vermittels einer gekrümmten Communicationsröhre B das von der Höhe herabfallende Oberwasser dem Stiefel C unterhalb des Kolbens zu. Dieser Druck hebt den massiven Kolben in die Höhe, welcher oberhalb mit einer Zugstange K in Verbindung steht. Von unten ist die Schachtstange D befestigt, welche mit den übrigen Schachtstangen und Kolben in den in der Tiefe liegenden Pumpen zusammenhängt. Diese Stangen und Kolben ziehen, vermöge ihrer be-

deutenden Schwere, den Kolben N herab und das Fallwasser würde nicht vermögend sein, denselben zu heben, wenn nicht die Zugstange K vermittels einer eisernen Kette mit dem Balancier M in Verbindung wäre, der am Ende seines längeren Arms so belastet ist, daß er der herabziehenden Last beinahe das Gleichgewicht zu halten vermag. Das Fallwasser braucht demnach nur eine geringe Kraft zu äußern, um den Kolben zu heben. Sobald dieses Druckwasser weggeschafft ist, sinkt der Kolben von selbst wieder herab. — Zuvörderst ist nun zu bemerken, daß der Durchgang der Stange durch den Boden und Deckel des Stiefels so eingerichtet sein muß, daß bei dieser Bewegung der Luft kein Eingang in den Stiefel gestattet werde. — Ferner ist die Vorkehrung getroffen, daß die Zugkette sich, während der Bewegung des Balanciers auf das Bogenstück L, dessen Mittelpunkt in dem Bewegungspunkt O liegt, auf- und wieder abwickelt. Hierdurch wird bewirkt, daß die Zugstange K bei ihrer Bewegung die verticale Richtung nicht verläßt. Denn es ist einleuchtend, daß die Kette in jeder Lage des Balanciers eine Tangente des erwähnten Bogens bildet, deren Berührungspunkt immer derjenige ist, bei welchem die Kette aus ihrer Krümmung in die gerade Linie übergeht. Zieht man von diesem Punkte aus den Radius, so wird dieser jederzeit rechtwinklich auf der Richtung der Stange sein. Diese Richtung wird demnach jederzeit gleich weit von dem Bewegungspunkte O entfernt bleiben. — Was endlich die Fortschaffung des Wassers unter dem Kolben nach seinem jedesmaligen Aufgang betrifft, so wird dieses durch den bei H befindlichen Kreuzhahn bewirkt. Dieser eigenthümlich construirte Hahn hat einen doppelten Zweck. Einmal soll er, wenn er geöffnet wird, dem Wasser unter dem Kolben den nöthigen Raum zum Ausfluß verschaffen, zweitens: den Zufluß des Wassers aus der Fallröhre nach dem Stiefel absperren. Beide Functionen muß aber dieser Hahn durch eine und dieselbe Wendung gleichzeitig verrichten. Zu diesem Behufe ist bei H eine nach unten zu kegelförmig gedrehete Hülse mittels ihrer beiden kurzen Ansatzröhren a und b zwischen dem Stiefel und dem Fallrohre befestigt. Diese Hülse ist in Fig. 426. im Grundriß dargestellt. Hier erblickt man außer den beiden Ansatzröhren a und b, mittels welcher sie mit den Röhren C und A zusammen hängen, auch noch die dritte kurze Ansatzröhre c, die mit dem Ausgußrohr verbunden ist. Das Ausgußrohr I ist auch in Fig. 425. zu sehen, wo es hinter der Hülse nach unten hervorragt. In die Hülse paßt ein luftdicht eingeriebener kegelförmiger Hahn, von welchem D die Ansicht und E der Durchschnitt von oben angesehen ist. Derselbe ist zweimal durchlocht, und zwar geht die cylinderförmige Oeffnung d durch die ganze Dicke des Hahns, die Oeffnung e aber, von derselben Weite, ist nur zur Hälfte durchgebohrt. Diese Oeffnungen sind übrigens genau so weit wie die Röhren A, C und I. Denkt man sich nun den Hahn in die Hülse gesteckt, so begreift man leicht, daß wenn solcher so umgebreht wird, daß die durchgehende Oeffnung d genau auf die beiden Ansatzröhren a und b trifft, wie dies der Fall in No. II. ist, so kann das Wasser ungehindert aus der Fallröhre nach dem Stiefel fließen; dagegen ist die Ansatzröhre c verschlossen und es kann kein

Wasser in I abfließen. Wird nun aber der Hahn so gedreht, daß wie in No. I. die zur Hälfte durchbohrte Oeffnung e genau auf die Ansatzröhre a paßt, so wird auch die durchgehende Oeffnung d genau auf die Ansatzröhre c treffen und es wird das Wasser aus C durch I abfließen können. Die Ansatzröhre b aber wird verschlossen sein und es wird kein Wasser aus A nach C fließen können. Die Maschine ist nun noch mit einer Vorrichtung versehen, durch welche sie selbst den Gang des Hahnes regulirt. Von der Weise, in der solche Steuerungsapparate angebracht werden, ist im Art. Dampfmaschine gesprochen.

Die Spiralpumpe Fig. 427., welche 1746 von einem Zinngießer Wirz in Zürich erfunden worden, besteht in einer schraubenförmig gewundenen Röhre von einer unbestimmten Anzahl von Windungen, welche durch kreuzweise Streben mit der Axe AB fest verbunden ist, und welche bei F offen ist und bei B in ein Röhrenstück mündet, das mit der Axe AB fest verbunden ist. DCE ist die in DC senkrecht emporsteigende Ableitungs- oder Steigröhre, welche bei E mit einem Falz über das Röhrenstück BE übergreift, so daß dieses in der Mündung der Steigröhre sich umdrehen kann, ohne daß Wasser durch die Zusammenfügung entweicht. Der ganze Apparat wird nun so in das Wasser gebracht, daß die Axe AB in horizontaler Lage gegen den Wasserspiegel steht, an beiden Enden auf Lagern ruht und sammt der spiralförmigen Röhre mittels der Kurbel über A umgedreht werden kann. Die Steigröhre wird in senkrechter Stellung befestigt, und die Umdrehung der Axe geschieht in der vom Pfeil angegebenen Richtung. Wie sich die Mündung bei F unter den Wasserspiegel senkt, schöpft sie Wasser, und damit dieses besser geschehe, ist diese Mündung trichterförmig erweitert. Von der Theorie dieser Maschine gibt Sachs folgende Erklärung. Zur bessern Uebersicht sollen die Erscheinungen, die sich bei der Bewegung der Spiralpumpe ergeben, zuvörderst so betrachtet werden, als ob die Steigröhre nicht vorhanden, die kurze Röhre EB im Freien ausgemündet und also die Pumpe nicht tiefer in das Wasser eingesetzt wäre, als der Ausfluß aus dieser Röhre es gestattet. Wird nun die Umdrehung nach der Richtung des Pfeils begonnen, so tritt die Einmündung F unter Wasser und schöpft so lange, bis sie wieder austritt. Ist dieses geschehen, so wird ein solcher Theil der Röhre mit Wasser gefüllt sein, als der Wasserspiegel von den Windungen abschneidet. Wird die Umdrehung fortgesetzt, bis der Trichter abermals den Wasserspiegel berührt, so konnte natürlicher Weise das Wasser in der Röhre seine Stellung zum Wasserspiegel nicht verändern, sondern die innere Röhrfläche mußte neben dem röhrförmigen Wasserkörper hinweg gleiten, während dieser mit seinen beiden Enden weder über noch unter den Wasserspiegel tritt, wie man sich hiervon leicht bei jeder communicirenden Röhre, in welcher sich Wasser befindet, überzeugen kann, wenn man sie so tief in Wasser taucht, als der Wasserstand in den Schenkeln anzeigt. Dann man mag diese Röhre in eine Lage bringen, in welche man wolle, ohne sie jedoch zu erhöhen oder zu erniedrigen; so wird sich der erwähnte Wasserstand gegen den Wasserspiegel durchaus nicht verändern. — Nach der ersten Umdrehung wird also das ge-

schöpfte Wasser in der ersten Windung bei ab stehen. Man sieht leicht ein, daß bei einer zweiten Umdrehung dasselbe Wasser in der zweiten Windung bei cd und das nachfolgende Wasser bei ab stehen wird, und daß bei fortgesetzter Drehung endlich alle Windungen in gleicher Höhe mit Wasser gefüllt sein werden. In der letzten Windung wird es bei ef stehen. Geschieht jetzt eine Umdrehung, so muß das Wasser aus der letzten Windung in die Röhre EB treten und durch selbige ausfließen. Bei jeder nachmaligen Drehung wird immer dieselbe Quantität Wasser ausgeleert werden. — Die Untersuchungen darüber, was sich ergeben muß, wenn die Spiralpumpe so tief in das Wasser gesetzt wird, daß die Röhre EB unter Wasser steht, haben zwar, wenn keine Steigeröhre vorhanden ist, gar keinen Nutzen, indem ein solcher Fall in der Praxis gar nicht vorkommen kann; sie sollen indessen dennoch zur Erklärung des Nachfolgenden hier angestellt werden. — Es wird in diesem Falle das Wasser sogleich in die Röhre EB treten, und sobald die Drehung mit einem Viertel der Windung begonnen hat, in die letzte Windung einfließen und sich darin mit dem Wasserspiegel gleich stellen. Wird die Drehung fortgesetzt, so muß das Wasser wieder durch die Röhre EB ausfließen. Um sich hiervon einen deutlichen Begriff zu machen, ist in Fig. 428. die letzte Windung in der Ansicht dargestellt und ist B die Queransicht von der erwähnten kurzen Röhre. Ist nun CD der Wasserspiegel, so muß nach geschehener Drehung um ein Viertel der Windung, in Folge welcher der Arm ab, wenn solcher anfänglich lothrecht stand, parallel mit dem Wasserspiegel stehen wird, das Wasser einfließen und in der Röhre bis zu dem Punkte C steigen. Wird die Drehung fortgesetzt und man wollte annehmen, daß das Wasser sich mit bewegen und etwa um AC oberhalb CD stehen könnte, so würde das dem Grundgesetz der communicirenden Röhre widersprechen, nach welchem das Wasser in dem einen Schenkel nicht um AC höher stehen kann als im andern, da auf beiden ein gleicher Druck der Atmosphäre wirksam ist. Das Wasser wird also gänzlich auf demselben Wege, auf dem es hergekommen ist, auch wieder zurückfließen müssen. — Während der Zeit nun, daß diese Erscheinungen beim Ausfluß der Spiralpumpe Statt finden, dringt das Wasser nach und nach durch die Einmündung in die Pumpe. Da indessen die Luft in derselben nirgends ausweichen kann, so wird sie, in Folge des immer neu hinzukommenden Wassers durch die Einmündung, zusammen gepreßt werden und es fragt sich, welche Wirkung hierdurch hervorgebracht werden muß? — Betrachtet man aber die erste Windung, welche in Fig. 429. in der Ansicht dargestellt ist, und zwar in dem Moment, wo der Trichter A zum zweiten Mal den Wasserspiegel berührt und eben eintauchen will; so wird man sich leicht überzeugen, daß die zwischen den beiden Windungen abgesperrte Luft auf das in die erste Windung bereits eingeflossene Wasser eine Rückwirkung ausüben muß, vermöge welcher selbiges nicht das Niveau von CD erreichen kann, sondern schon früher eine Stellung, wie etwa FE annehmen wird. In dieser Stellung drückt, nach dem Gesetze von der communicirenden Röhre, die Wassersäule BF in der Richtung des Pfeils gegen die eingesperrte Luft. Erwägt man

nun, daß bei fortgesetzter Umdrehung der Pumpe in den übrigen Windungen ebenfalls dergleichen drückende Wassersäulen entstehen; so wird man einräumen müssen, daß dieser Gesammtdruck hinreicht, die Luft in der letzten Windung, so wie auch das etwa durch die Ausflußröhre EB Fig. 427. eingedrungene Wasser, durch die letzte Windung heraus zu drängen und die abgesperrt gewesene Luft zu zwingen, sich in der Form von Luftblasen nach dem Wasserspiegel zu begeben und über demselben zu entweichen, auch kein weiteres Eindringen des Wassers durch EB zu gestatten. — Hieraus ergiebt sich also klar, daß bei dieser hier vorausgesetzten Einsenkung die Spiralpumpe, obgleich sich ihre Ausmündung unter Wasser befindet, bennoch in Folge der Umdrehung eine fortgesetzte Circulation des Wassers zu unterhalten vermögend ist. — Es bleibt nun noch der Fall zu betrachten übrig, wenn die Spiralpumpe sich in horizontaler Stellung gänzlich unter Wasser getaucht befindet. Dieser Fall ist sehr einfach und bietet durchaus keine Schwierigkeit dar, sobald man sich nur erst überhaupt einen richtigen Begriff von der Absperrung der Luft mittels des Wassers verschafft hat. — Befindet sich in einem verschlossenen Gefäße Luft und Wasser, so wird die Luft in allen möglichen Stellungen, die man dem Gefäße gibt, jederzeit über dem Wasser bleiben. So lange sich also das Wasser unterhalb der Luft befindet, ist die Luft abgesperrt und kann nicht durch das Wasser entweichen. Wird aber die Luft in eine Lage gebracht, daß sie sich unterhalb des Wassers befindet, so wird sie augenblicklich in der Form von Luftblasen innerhalb des Wassers in die Höhe steigen und entweichen. Taucht man daher z. B. ein leeres Trinkglas mit seiner Mündung nach unten in ein Gefäß mit Wasser unter, so wird die Luft, so lange das Glas in der umgekehrten Stellung erhalten wird, innerhalb desselben durch das darunter befindliche Wasser abgesperrt sein und dieses Wasser wird zwar, nach Verhältniß seiner Druckhöhe, die Luft im Glase um mehr oder weniger zusammenpressen, aber niemals im Stande sein, den Raum des Glases auszufüllen. Kehrt man jetzt das Glas, ohne es aus dem Wasser herauszubringen, dergestalt um, daß die Mündung nach oben kommt; so wird zwar noch immer die Luft im Glase von der Atmosphäre durch das Wasser getrennt sein, da sie sich aber unterhalb des Wassers befindet, so wird sie durch dasselbe in der Form von Luftblasen sogleich in die Höhe steigen und entweichen. — Stellt man sich daher in Fig. 430. eine schlangenförmig gekrümmte Röhre a b c d e f vor, deren Schenkel alle in einer Verticalebene liegen, und von welchen sich a, b und c innerhalb eines mit Wasser angefüllten Gefäßes A unterm Wasserspiegel, die Schenkel d, e und f aber außerhalb desselben befinden, bei der Voraussetzung, daß die Ein- und Ausmündungen nach oben gekehrt sind; so bedarf es keiner Erläuterung, daß das Wasser in den Schenkel a treten und von da aus sich in alle übrige Schenkel begeben wird, indem es die Luft vor sich her verdrängt, welche ihrerseits durch die Ausmündung entweicht. Dieselbe Erscheinung wird sich ergeben, wenn diese Schlangenröhre eine umgekehrte Lage hat, so daß die Ein- und Ausmündungen nach unten zu gekehrt sind, und wird alsdann auch selbst darin kein Unterschied Statt finden, daß das Wasser jetzt mit ei-

ner größern Geschwindigkeit als vorher in den ersten Schenkel treten wird; weil hier die Einmündung um die Länge dieses Schenkels a tiefer liegt und das einfließende Wasser also eine größere Druckhöhe hat. Denn man muß erwägen, daß hier das Wasser in dem ersten Schenkel herauf steigt, dort aber in demselben herabfällt, und daß also die Geschwindigkeit in beiden Fällen gleich groß ist. — Setzt man ferner den Fall, daß eine so gekrümmte Röhre mit allen ihren Schenkeln dergestalt unter Wasser getaucht ist, daß die Ein- und Ausmündungen, welche nach oben gekehrt sind, ebenfalls unter Wasser stehen; so wird das Wasser in die beiden Schenkel a und f einfließen und die Luft aus denselben wird durch das Wasser entweichen. Da nun aber das Wasser fortfährt, durch beide Mündungen einzufließen, so wird es in die Schenkel b und e einsteigen, und die darüber befindliche Luft nicht nur absperren, sondern zugleich auch so lange zusammenpressen, bis sie fähig ist dem beiderseitigen Wasserdruck Widerstand zu leisten. Hat die Röhre eine solche Stellung, daß sich ihre beiden Mündungen nach unten zugekehrt befinden, so wird ebenfalls in die beiden äußersten Schenkel nur so viel Wasser eindringen können, als die zusammengepreßte Luft es gestattet. — Wenn man nun mit dieser Röhre eine drehende Bewegung unter Wasser vornimmt, so daß die beiden Mündungen abwechselnd bald nach oben bald nach unten zu liegen kommen; so wird ein ganz anderes Ergebniß zum Vorschein kommen, als es im Zustande der Ruhe der Fall war. Gesetzt es befände sich eine Röhre mit vier Schenkeln a, b, c und d Fig. 431. deren Mündungen nach oben gekehrt sind, im Gefäße A unter Wasser. Das Wasser sei in die beiden äußersten Schenkel eingeflossen und habe die Luft, wie die Figur anzeigt, in den beiden Schenkeln b und c nach oben zusammengepreßt. Wird nun die Röhre unter Wasser so weit umgedreht, daß ihre Mündungen, wie im Gefäße B zu ersehen ist, nach unten zugekehrt sind; so wird die eingeschlossene Luft nicht unter dem Wasser stehen bleiben können, sondern sie wird sich in zwei Hälften trennen, durch das Wasser in die Schenkel b und c steigen und daselbst, wie die Figur es angibt, die höchste Stelle einnehmen. Geschieht jetzt eine abermalige Umdrehung und kommen die Mündungen, wie im Gefäße C, wieder nach oben zu stehen, so können die beiden Lufträume nicht unter Wasser bleiben, sondern werden sich, wie vorher, jeder in zwei Hälften trennen, von welchen die beiden innern Hälften durch das Wasser in die Schenkeln b und c steigen, und sich auf derselben Stelle vereinigen, welche die Luft im Gefäße A eingenommen hatte, die beiden äußern Hälften aber steigen durch das Wasser in den Röhren a und b und entweichen. Hieraus ergiebt sich also, daß bei einer einmaligen vollen Umdrehung das Viertel der eingesperrt gewesenen Luft herausgeschafft worden und an deren Stelle so viel Wasser eingedrungen ist. Man sieht demnach leicht ein, wie durch fortgesetztes Drehen immer das Viertel der zurückgebliebenen Luft entweicht, und wie endlich sich die ganze Röhre mit Wasser anfüllt, in welchem Falle alsdann zwischen dem Wasser in der Röhre und dem äußern Wasser in dem Gefäße Gleichgewicht eintritt und die Umdrehung der Röhre gar keine Bewegung des Was-

sers in derselben mehr hervorbringt. Auch wird es nicht schwer halten, sich die Ausleerung der Luft zu verdeutlichen, wenn die Röhre mehr als vier Schenkel hat. — Nun ist aber die Spiralpumpe keinen andern Gesetzen unterworfen, als die schlangenförmig gekrümmte Röhre. Denn ob die Schenkel gerade sind und in einer einzigen Ebene liegen, oder ob sie eine zirkelförmige Krümmung haben, und sich in verschiedenen Ebenen befinden, darauf kann es bei communicirenden Röhren, die hier zu Grunde liegen, gar nicht ankommen. Man kann daher behaupten, daß wenn die Spiralpumpe ohne Steigröhre ganz unter Wasser getaucht wird, selbige bei ihren Umdrehungen sich allmählig ganz mit Wasser anfüllt, und alsdann gar keine weitere Bewegung des Wassers innerhalb derselben zu bewirken vermag. — Man sieht also hieraus, daß die Spiralpumpe ohne Steigrohr für die Praxis von gar keinem Nutzen ist, und daß sie eigentlich nur erst durch ihre Verbindung mit dem letztern in die Klasse der Wasserhebemaschinen tritt. Durch die aufgesetzte Steigröhre tritt aber ein ganz anderes Verhältniß für die Wasser- und Luftmassen in den Windungen ein. Denn bringt man die Pumpe so über Wasser in einer horizontalen Lage an, daß ihre Axe beinahe den Wasserspiegel berührt und beginnt sodann die Umdrehungen nach der Richtung des Pfeils; so werden sich zuerst die Windungen ebenso mit Luft und Wasser füllen, als wenn die Steigröhre nicht vorhanden wäre. — Tritt aber endlich das Wasser in die Steigröhre, so ist zuvörderst zu bemerken, daß, obgleich in den Windungen die Wassermasse mittels der dazwischen liegenden Lufträume von einander getrennt sind, das Wasser, sobald es in die Steigröhre dringt, sich doch sogleich zu einer ununterbrochenen Masse vereinigt. Denn in den Windungen hält sich die Luft oberhalb der Wassermassen; in der Steigröhre kommt selbige aber unterhalb des Wassers zu liegen, und entweicht also durch das Wasser nach der Atmosphäre. — Um nun zu untersuchen, auf welche Art hier das Wasser zum Steigen gebracht werden kann, so erwäge man, daß ein wirkliches Steigen desselben nur alsdann möglich wird, wenn das Wasser in den Windungen fähig ist, dieser sich immer mehr erhebenden Wassersäule in der Steigröhre das Gleichgewicht zu halten. Denn entgegengesetzten Falles würde das Wasser in der Steigröhre fallen und das Wasser aus den Windungen verdrängen müssen. Nimmt man nun an, daß das Wasser in den Windungen einen mit dem Wasserspiegel gleichen Stand habe, d. h. daß es zu beiden Seiten der Windungen gleich hoch steht, so können diese Wassermassen, welche sich durchweg in jeder Windung das Gleichgewicht halten, eben so wenig irgend einen Druck hervorbringen, als das Wasser in der communicirenden Röhre, wenn sich solches im Zustande der Ruhe befindet. — Dieser Fall tritt aber niemals ein. Denn nachdem man die Maschine in Bewegung gesetzt hat und die einzelnen Windungen ihre gleichen Portionen Wasser aufgenommen haben, so wird bei fortgesetzter Drehung das aufs Neue hinzukommende Wasser die Luftschichten zusammenpressen, welche ihrerseits den erhaltenen Druck auf die einzelnen Wassermassen fortpflanzen und solche aus ihren Stellungen verdrängen werden. Hierdurch wird aber offenbar das Gleichgewicht derselben aufgehoben, indem

das Wasser auf der einen Seite mehr oder weniger höher steigt als auf der andern. Diese Differenzen der Wasserstände machen nun eben so viel Wassersäulen aus, die vereint auf das Wasser in der Steigröhre wirken. — Es versteht sich nun von selbst, daß das Maximum der Höhe in der Steigröhre erreicht wird, wenn alle Windungen auf der einen Seite in ihrer ganzen Hälfte mit Wasser und auf der andern Seite mit Luft angefüllt sind, indem alsdann die Differenzen der Wasserstände möglichst am größten sind. — Diesen höchsten Effect der Maschine wird man jedoch niemals erreichen können. Denn hierzu gehört, daß man selbige zur Hälfte in das Wasser eintaucht, damit bei jedem Umschwunge so viel Wasser geschöpft werde, als nöthig ist, eine halbe Windung anzufüllen. Nun aber wird die Luft in den Windungen, welche die Wassermassen von einander trennt, von beiden Seiten, nämlich von der Druckhöhe in der Steigröhre und von der Einmündung her, in welche fortwährend mit einer gewissen Kraft neues Wasser eingeschöpft wird, zusammengepreßt. Hierdurch werden die Lufträume kleiner und es wird demnach in die Maschine mehr Wasser eindringen, als die Hälfte ihres ganzen innern Raumes beträgt. Dieser Wasserüberfluß, welcher gezwungen ist, sich in einen Theil der Luftseiten der Windungen zu begeben, wird die Differenz der Wasserstände verringern und auf diese Art dazu beitragen, den höchsten Grad des Effects zu schwächen. Setzt man die Spiralpumpe noch tiefer, als mit ihrer Hälfte in das Wasser, so wird der Effect noch geringer ausfallen. Endlich wird die Maschine aber allen Effect verlieren, wenn man sie gänzlich in das Wasser taucht, weil sich alsdann die Windungen auf beiden Seiten mit Wasser anfüllen und die Differenz der Wasserstände gänzlich verschwindet. — Wenn sich nun hieraus auch im Allgemeinen mit Bestimmtheit die Regel abstrahiren läßt, daß man, um den größtmöglichsten Effect der Maschine zu erlangen, dieselbe jederzeit um weniger als die Hälfte ihres Durchmessers eintauchen müsse, so würde man doch nur unrichtige Resultate erlangen, wenn man auf diese Untersuchungen hin ein Kalkül gründen wollte, um specielle Regeln für die Erreichung des größten Effects, oder für die Bestimmung der Kraft, die in jedem besondern Falle anzuwenden ist u. s. w. zu erhalten. Denn bei einem solchen Kalkül muß immer vorausgesetzt werden, daß das Verhältniß der Wasser- und Luftmengen, welches in den Windungen obwaltet, während die Maschine sich im Zustande der Ruhe befindet, unverändert bleibe, wenn auch die Maschine in Bewegung gesetzt wird. Dieses ist indessen keinesweges der Fall. Denn ist das Wasser aus der letzten Windung in die Steigröhre getreten, so wird die darauf folgende Luftsäule nicht etwa auch mit dem ihr beiwohnenden Grad der Ausdehnung in diese Röhre steigen und auf diese Art die nachrückende Wassersäule aus der vorletzten Windung in der früherhin Statt gehabten Entfernung von der letzten Wassersäule zurückhalten; sondern diese Luftsäule wird, sobald sie unterhalb des Wassers in die Steigröhre gelangt, sogleich durch dasselbe emporsteigen und entweichen. In demselben Augenblicke wird sich die Wassersäule aus dem vorletzten Gewinde mit vermehrter Geschwindigkeit, weil durch die entweichende Luft das

bis jetzt bestandene Gleichgewicht gestört wird, nachstürzen, und so das Wasser und die Luft in den übrigen Windungen ebenfalls aus dem Zustande des Gleichgewichts bringen. Es werden sich also bei der Bewegung ganz andere Erscheinungen darbieten, welche mit dem Kalkül durchaus im Widerspruch stehen dürften. — Ferner ist hier auch noch der Grad der Geschwindigkeit, mit welcher die Spiralpumpe gedreht wird, auf die Veränderung in der Stellung der Wasser- und Luftsäulen bei dem jedesmaligen Austritt der letzten Wassersäule von Einfluß.

Die Archimedische Wasserschnecke kann wie die Wasserschraube (s. d. Folg.) nur zur Hebung auf kleine Höhen von einigen Fuß benutzt werden. Sie ist nichts anderes als eine Spiralpumpe ohne Steigröhre, deren Axe nicht parallel mit dem Wasserspiegel eingesenkt wird, sondern so, daß sie mit dem Spiegel des Wassers einen spitzen Winkel macht. Ihr Erfinder soll der griech. Mathematiker Archimedes (287—212 v. Chr.) gewesen sein, doch behaupten Einige, daß sich schon die alten Aegypter dieser Maschine bedient haben sollen, um die vom Nil überschwemmten Felder nach dem Zurücktreten des Flußes in seine Ufer von dem zurückgebliebenen Wasser zu befreien. Sachs gibt nachstehende Erklärung ihrer Wirksamkeit. Man kann sich eine jede schlangenförmige Röhre so vorstellen, als wäre sie um den Mantel eines geraden Cylinders gewunden. Es sei daher ABCD Fig. 432. ein solcher Cylinder mit der Schlangenröhre, die in E ihre Ein- und in F ihre Ausmündung hat. Die Windungen derselben können entweder weitläuftig von einander, oder enge zusammen angelegt sein. Die Bestimmung ihrer Lage ergibt sich, wenn man sich den Cylinder ABCD nach seiner Länge in dessen Axe durchschnitten denkt und sich auf der Durchschnittfläche die Linien Eb, bc, cd, u. s. w. dergestalt gezeichnet vorstellt, daß die von ihnen eingeschlossenen Winkel α, β, γ u. s. w. eine gleiche Größe haben. Man kann sie die Windungswinkel nennen. In gegenwärtiger Figur ist dieser Winkel ein rechter. — Setzt man nun die Schnecke dergestalt in das auszuschöpfende Wasser ein, daß die Einmündung E sich genau im Wasserspiegel GH befindet, so kommt es darauf an, welchen Winkel die Maschine mit diesem Spiegel bildet. Hier ist angenommen, daß der Winkel δ ein halbrechter sei. Beginnt man nun die Drehung der Schnecke nach der Richtung des Pfeils, so wird sich die Einmündung über den Wasserspiegel erheben und auf der andern Seite in das Wasser tauchen. Befindet sich sodann wieder, bei der vollendeten einmaligen Umdrehung, die Einmündung bei dem Punkt E des Wasserspiegels, so wird vermöge des Gesetzes der communicirenden Röhre das Bogenstück Eb mit Wasser angefüllt sein. Man sieht also hieraus, daß die Größe dieses wasserhaltenden Bogens von dem Winkel δ abhängt und mit demselben im umgekehrten Verhältniß steht d. h. je kleiner oder größer δ ist, je größer oder kleiner ist der wasserhaltende Bogen in der ersten Windung. Nun steht aber auch die Höhe, bis auf welche das Wasser durch die Schnecke gehoben werden soll, im geraden Verhältniß mit dem Winkel δ, indem diese Höhe größer oder geringer wird, je nachdem δ zu- oder abnimmt. Es ergibt sich also zugleich, daß man um eben so viel an Höhe verliert, als

man in der ersten Windung am Wasser gewinnt, und eben so umgekehrt. — Es ist nöthig, bei der Betrachtung über den ersten wasserhaltenden Bogen noch ein wenig zu verweilen, weil von demselben allein, wie sich bald zeigen wird, die Menge des Wassers, welche sich bei jeder Umdrehung ergießt, abhängt. Man überzeugt sich leicht, daß man für einen und denselben Winkel δ den größten Wasserausfluß erhält, wenn das Zapfenlager des untern Wellzapfens eine solche Stellung im Wasser erhält, daß die Grundfläche des Cylinders von dem Wasserspiegel durch ihren Mittelpunkt geschnitten wird. Oder wenn man wenigstens nicht weniger als genau die Hälfte dieser Grundfläche unter Wasser stehen läßt. Denn befindet sich z. B. der Wasserspiegel IK unterhalb des Mittelpunkts der erwähnten Grundfläche, so kann der wasserhaltende Bogen nichts größer als fg sein, weil nach einmaliger Umdrehung die erste Windung schon um den Theil Eg über dem Wasserspiegel hervorragt, und daher kein Wasser enthalten kann. Wird nun angenommen, wie nachher gleich erwiesen werden soll, daß bei der zweiten Umdrehung das Wasser aus der ersten Windung nach der zweiten gestiegen, und daß, wenn die Schnecke n Windungen hat, dasselbe Wasser nach n Umdrehungen bis zur letzten Windung sich erhoben hat und daselbst ausfließt; so ist erwiesen, daß in diesem Falle weniger ausfließt, als wenn der wasserhaltende Bogen in der ersten Windung Eb gewesen wäre. — Setzt man dagegen die Schnecke so tief in das Wasser, daß der Wasserspiegel LM höher steht, als der Mittelpunkt der erwähnten Grundfläche, so wird zwar nach der einmaligen Umdrehung, in Folge des hydrostatischen Gleichgewichts, der wasserhaltende Bogen in der ersten Windung um den Theil bk größer sein, als es der Fall ist, wenn der Wasserspiegel GH durch den Mittelpunkt der Grundfläche geht, hebt man aber die Maschine in diesem Zustande und ohne die Neigung derselben gegen den Horizont zu verändern, aus dem Wasser heraus, so wird sogleich soviel aus der Einmündung E abfließen, als in bk enthalten ist und es wird nur der wasserhaltende Bogen Eb zurückbleiben. Da nun nach der zweiten Umdrehung dasselbe Wasser und in der nämlichen Lage, wie in der ersten Windung, sich nunmehr in der zweiten Windung befinden muß, so wird, weil die Schlangenlinie eine reguläre Curve ist, die sich in allen ihren Theilen ähnlich bleibt, woraus hervorgeht, daß alles, was von der ersten Windung gilt, auch gleichmäßig von allen übrigen Windungen gelten muß, die Wassersäule hl sich nicht erhalten können, sondern in die erste Windung zurückfließen müssen. Nun sei km dieses zurückgetretene Wasser. Da solches aber über dem Wasserspiegel LM hervorragt, so wird es sich auch hier nicht erhalten können und aus der Einmündung E abfließen. Es kann demnach auch im zweiten Falle nicht mehr Wasser gehoben und zum Ausfluß gebracht werden, als der wasserhaltende Bogen Eb beträgt. Ebenso leuchtet es ein, daß dieses Raisonnement seine Anwendung finden müsse, der Winkel δ mag kleiner oder größer als 45 Grad sein. Nicht minder passen diese Schlüsse, wenn der Windungswinkel größer oder kleiner als 90 Grad ist, nur daß im erstern Falle weniger Wasser auf einer und derselben Höhe bei einem und demselben Nei-

gungswinkel δ und im letztern Falle mehr Wasser gehoben werden kann. — Es ergeben sich nun hieraus für die Schnecke folgende allgemeine Grundsätze: — Unter allen Umständen ergießt die Schnecke das meiste Wasser, wenn sie mit ihrem untern Ende so im Wasser liegt, daß der Wasserspiegel durch den Mittelpunkt ihrer Grundfläche geht. Je höher dieser Mittelpunkt über dem Wasserspiegel liegt, desto weniger Wasser gibt die Maschine. Durch das so tiefe Eintauchen derselben, daß der Mittelpunkt unter Wasser zu liegen kommt, wird an Wassermenge nicht gewonnen. — Mit der Größe des Durchmessers des Cylinders und des Durchmessers der darauf gewundenen Röhre nimmt die Wassermenge in geradem Verhältnisse ab und zu. — Mit dem Neigungswinkel, den die Maschine mit dem Horizont bildet, steht die sich ergießende Wassermenge im umgekehrten Verhältniß. — Deßgleichen steht diese Wassermenge mit dem Windungswinkel im umgekehrten Verhältniß bei einem und demselben Winkel δ. — Endlich ist das Verhältniß der Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben werden soll, zur Wassermenge ein umgekehrtes. — Es bleibt nunmehr noch zu erläutern übrig, auf welche Art das Wasser mittels der Umdrehung der Schnecke durch die Windungen in die Höhe zu steigen veranlaßt wird. — Zu diesem Behufe denke man sich das Bogenstück CDEF, Fig. 433. einer kreisförmig gewundenen Röhre, welche zum Theil mit Wasser angefüllt ist, dessen Wasserspiegel in der Horizontale EF liegt. AB sei der Durchschnitt einer schiefen Ebene, auf welcher die Röhre sich befindet. Wird nun die Röhre auf dieser Ebene aufwärts gerollt, so wird auf dem höchsten Standpunkte derselben das darin befindliche Wasser sich immer noch in der Horizontale EF befinden. Hier hat sich also das Wasser keineswegs selbst in die Höhe bewegt, sondern es ist von der heraufrollenden Röhre in die Höhe gehoben worden, während es seinerseits nur seine Stellung innerhalb der Röhre verändert hat, weil sich die Röhre fortwährend rückwärts erhoben hat und das Wasser, vermöge seiner Schwere, nicht gleichzeitig mit steigen konnte. Ob übrigens das Röhrenstück CDEF in einer Ebene liegt, oder blos dermaßen schlangenförmig gewunden ist, daß die gegenwärtige Figur nur die Projection derselben darstellt, darauf kann es natürlicher Weise gar nicht ankommen, sobald die Röhre während des Hinaufrollens ununterbrochen so gewendet wird, daß sie die Linie AB nicht verlassen kann. Das Wasser muß dieselbe Erscheinung darbieten, weil sich in der Bewegung selbst durchaus nichts verändert hat. — Es kommt nun darauf an zu beweisen, daß es sich bei der Schnecke ebenso verhält und dieselbe Veranlassung Statt findet, das Wasser zum Steigen zu bringen. Betrachtet man nun die unterste Seite BC des Cylinders Fig. 432. als den Durchschnitt einer schiefen Ebene und denkt man sich diese Linie, so wie auch die Schlangenlinie, welche die Lage der gewundenen Röhre verzeichnet, in eine unendliche Anzahl unendlich kleiner Theile eingetheilt; so wird man leicht ersehen, daß, indem der Cylinder um seine Axe gedreht wird, nach und nach alle Punkte der Schlangenröhre mit ihren Projectionen auf der schiefen Ebene, wie es der oberflächliche Augenschein sogleich ergibt, in Berührung kommen. Ein Mehres ist

aber auch bei der Röhre in Fig. 433. nicht geschehen. Während des Heraufrollens sind nach und nach alle Punkte der Röhre mit allen Punkten der schiefen Ebene in Berührung gekommen. Die Ergebnisse müssen daher in beiden Fällen dieselben sein. — Das Wasser macht also in der Schnecke für sich selbst keine steigende Bewegung, sondern es wird durch die steigende Röhre gehoben, indem dieselbe sich fortwährend rückwärts erhebt, während das Wasser seine niedrige Stellung nicht verlassen konnte. *)

---

*) Wenn der Durchmesser des Cylinders, der Durchmesser der darauf gewundenen Röhre, der Windungs- und Neigungswinkel, so wie auch der Stand des untern Theils der Maschine im Wasser und die Zahl der Umdrehungen in einer Secunde gegeben sind; wie findet man die Wassermenge, welche in einer Sec. gehoben nnd ausgegossen wird? — Auf die Anzahl der Windungen kann es hierbei nicht ankommen, denn sobald die Maschine so oft umgedreht worden, als die Anzahl der Windungen beträgt, so fließt doch nur bei jeder einzelnen Umdrehung nicht mehr und nicht weniger Wasser aus, als in einer Windung enthalten ist. Man braucht daher nur nach einem verjüngten Maßstabe die erste Windung hinzuzeichnen und die Horizontallinie unter dem gegebenen Neigungswinkel und in richtiger Lage gegen den Mittelpunkt der Grundfläche zu ziehen. Hieraus wird sich die Länge des wasserhaltenden Bogens abmessen und der körperliche Inhalt des darin befindlichen Wassers berechnen lassen. Multiplicirt man dieses Resultat mit der Anzahl der Umdrehungen in einer Secunde, so gibt das Product die gesuchte Wassermenge. — Wenn zu den vorhergehenden Bedingungen auch noch die Anzahl der Windungen gegeben ist; wie läßt sich daraus die Kraft ermitteln, die erfordert wird, um die mit Wasser gefüllte Röhre umzudrehen? — Daß hier die vorhandene Anzahl der Windungen angegeben worden, ist in Hinsicht auf die dadurch vermehrte Länge der Schlangenröhre ebenso wie vorher ganz überflüssig, indem selbige, sobald man nicht die Friction des Wassers an den Wänden der Schlangenröhre berücksichtigt, auf die Größe der anzuwendenden Kraft von gar keinem Einfluß ist. Denn wenn es auch in dem ersten Augenblick scheinen sollte, als gäbe die Länge der zu einer geraden Linie rectificirten Schlangenlinie die Länge der schiefen Ebene an, welche das Wasser zu passiren hat, um den Ausfluß in der Höhe zu erreichen; so ist dieses doch keineswegs der Fall, indem das Wasser, obgleich alle Punkte der Windungen neben der Röhrenwand weggleiten, in der Röhre durchaus nicht steigt. Man braucht nur den Fall zu setzen, daß die gekrümmte Röhre CDEF, Fig. 433. ihre Bewegung statt auf der schiefen Ebene AB auf einer horizontalen Ebene vornehme, so wird das Wasser in der Röhre sich ganz genau so bewegen müssen, wie vorher, ohne jedoch im geringsten gestiegen zu sein. Die Länge und Neigung der schiefen Ebene ist daher bei der umwundenen Schlangenröhre keine andere, als die Länge und Neigung des Cylinders. — Dagegen ist in Hinsicht der Wasserlast die Anzahl der Windungen allerdings von Wichtigkeit. Denn je mehr Windungen die Schnecke hat, eine um so größere Wassermenge befindet sich immerfort auf

Die Ausführung der Wasserschnecke im Großen geschieht nach der angegebenen Theorie. Indeß bedient man sich nur selten einer spiralförmigen Röhre, denn diese müßte der Windungen wegen von Metall ausgeführt werden, welches nicht leicht auszuführen ist und überdieß die Maschine besonders, wenn sie große Dimensionen haben soll, zu kostbar machte. Man verfertigt daher dergleichen Schnecken gewöhnlich ganz von Holz, indem man auf der Oberfläche einer hölzernen Welle (Spindel) eine Spirallinie zeichnet (Fig. 434.). Nach dem Vorriß dieser Linie befestigt man auf der Spindel schmale und dünne Spließe dergestalt dicht an einander, daß jedes einzelne Bretchen winkelrecht auf ihrer Axe steht. Etwa in derselben Art, wie man die Stufen einer Wendeltreppe in ihre Spindel einsetzt, nur mit dem Unterschiede, daß zwischen den Stufen kein Raum offen bleibt. Diese Breter werden in gleichen Entfernungen von der Spindel, concentrisch mit derselben abgerundet, wodurch sie die Gestalt von Schraubengängen erhält. Das Ganze wird nun mit einem Mantel von dünnen Bretern umkleidet, der nur unten bei der Einmündung und oben bei der Ausmündung, zur Aufnahme und zum Ausguß des Wassers, eine Oeffnung hat. Der Mantel wird außerhalb noch mit eisernen Ringen umgeben, damit er sehr dicht an die Stirne der Windungsbreter anschließe und das Wasser in den Windungen nicht durchlasse. Wird nun diese Maschine mittels einer Kurbel um ihre Axe gedreht, so überzeugt man sich leicht, daß hier dieselben Bedingungen und Verhältnisse obwalten müssen, wie bei der Schlangenröhre. — Wegen dieser tonnenartigen Bekleidung, die sich bei der Drehung der Schnecke mit herum bewegt, nennt man diese Maschine zuweilen auch Tonnenmühle und unterscheidet sie so von der Wasserschraube, welche in allen Stücken nach derselben Construction gebaut ist, bei der aber die Bekleidung mit den Schraubengängen nicht verbunden ist, daher denn auch während diese sich dreht, jene unbeweglich bleibt. Daß hier übrigens weit mehr Wasser verloren geht, als bei der Tonnenmühle, versteht sich von selbst, weil die über die innere Fläche des feststehenden Mantels weg sich drehenden Windungen un-

---

der schiefen Ebene, die also einen verhältnißmäßig größern Druck zu erleiden hat, welchen zu überwinden eine größere Kraft erfordert, als wenn die Zahl der Windungen kleiner ist. — Man berechnet demnach, wie vorher, den körperlichen Inhalt des wasserhaltenden Bogens in der ersten Windung nach Kubikfußen, multiplicirt denselben mit der Anzahl der Windungen und multiplicirt ferner dieses Produkt mit 66. Dieses letztere Product gibt das Gewicht des auf die schiefe Ebene drückenden Wassers. Alsdann berechnet man die Kraft aus der gefundenen Last ebenso, wie bei der schiefen Ebene (s. d. Art.), wo der Zug der Kraft parallel mit der Länge derselben ist und berücksichtigt hierbei zugleich den Umstand, daß der Angriffspunkt der Kraft sich, wie bei der Schraube (s. d. Art.) an einer Kurbel befindet; so wird man das Resultat für die gesuchte Kraft, abgesehen von der Friction des Wassers in der Röhre, so genau als möglich und nöthig ist erhalten.

möglich so dicht zusammenschließen können, wie dieses bei der Tonnenmühle so leicht zu bewerkstelligen ist. — Dagegen bedarf die Wasserschraube nur um die untere Hälfte einer Bekleidung, welche man den Trog oder Kumm nennt, während man die obere Hälfte ganz offen lassen kann. Denn aus dem Vorhergehenden ergibt sich, daß bei der Schnecke höchstens nur $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ einer jeden Windung, niemals aber die Hälfte mit Wasser angefüllt sein kann; indem hierzu erforderlich wäre, daß die Maschine eine horizontale Lage habe. Bei der Tonnenmühle kann dagegen aus leicht begreiflichen Gründen von diesem Umstand kein Gebrauch gemacht werden und muß die Bekleidung ganz vollständig sein.

Um bei einer Umdrehung der Maschine eine größere Menge Wassers auf einmal zu fördern, hat man auch doppelte und dreifache Schnecken, bei denen nicht eine Röhre, sondern zwei und respective drei um die Axe geführt sind.

Ein eigenes Princip, nämlich das der Schwungkraft ist dasjenige, auf welchem die Saugschwungmaschine von Langsdorf beruht. Eine verticale Röhre AB, die sich oben in zwei horizontale ein wenig gebogene Arme BC, BD endigt, ist bei A Fig. 435. in die Wasserfläche EF eingetaucht. Bei G ist sie mit einem Trilling umgeben, der mittels des Rades H in schnelle Drehungsbewegung gesetzt werden kann. Um die Maschine in Thätigkeit zu setzen, wird die ganze Röhre, die bei A mit einem sich oberwärts öffnenden Ventil versehen ist, von oben mit Wasser gefüllt, und dann das Rad H gedreht und so auch die Röhre CBAD in schnelle Schwungbewegung gesetzt. Dieser Schwung ertheilt den bei C und D liegenden Wassertheilchen ein Bestreben, sich vom Mittelpunkte B zu entfernen, und das Wasser fließt daher dort aus; weil aber der Druck der Atmosphäre auf EF nicht gestattet, daß irgendwo in der Röhre ein leerer Raum entstehe und das gesammte Wasser in BC sich nach C, das gesammte Wasser in BD sich nach D drängt, so tritt immer neues Wasser bei A in die Röhre, so daß vermöge dieses Saugens bei A und des Schwunges in CD, fortwährend Wasser gehoben nnd bei C, D ausgegossen wird. — Man kann also mit dieser Maschine, wie mit einer Saugpumpe, das Wasser heben und aus dem Raume unter EF fortschaffen.

Als einfache Wasserhebemaschinen sind noch die Schaufel- und Paternosterwerke zu erwähnen. In Fig. 436. ist der Durchschnitt eines Schaufelwerks vorgestellt. Es besteht aus einem viereckigen 20 bis 30 Fuß langen hölzernen Kasten, der seiner Länge nach mittels zweier Scheidewände AB und CD in drei Abtheilungen getheilt ist, so daß die untere Abtheilung eine viereckige Röhre bildet, die oben und unten offen ist. Die oberste Abtheilung ist dagegen eine viereckige Rinne, die ebenfalls oben und unten offen ist. Ferner befinden sich an den beiden Enden dieses Kastens zwei gleiche Getriebe E und F, von welchen jedes 6 eiserne Stöcke besitzt. Um beide Getriebe sind 2 eiserne Ketten ohne Ende gelegt, von denen in der Zeichnung die hintere nicht sichtbar ist, indem sie von der vordern verdeckt wird. Die Glieder dieser Ketten sind genau so lang, wie die Entfer-

nung der Triebstöcke von einander. Hierdurch wird es möglich, daß sich die Kette um das Getriebe auf- und abwickeln kann. Denn verfolgt man die Bewegung eines Gliedes von dem Augenblicke an, wo es mit seinem Gewinde den ersten Triebstock berührt, bis zu dem Zeitpunkte, wo es denselben Triebstock verläßt, so ergiebt sich, daß das Gewinde während der ganzen Zeit, daß es mit seinem Triebstocke in Berührung bleibt, den zunächst befindlichen beiden Kettengliedern die Lage gewährt, welche sie bei jeder Stellung des Getriebes annehmen müssen. Man sieht zugleich auch, wie die Bewegung des einen Getriebes die des andern hervorbringt. — In der Mitte der Kettenglieder sind die hölzernen Schaufeln winkelrecht auf den Gliedern befestigt. Sie passen mit ihren Unterkanten genau auf den Boden des Kastens oder auf den Boden der viereckigen Röhre. Nach oben und den Seiten zu haben sie etwas Spielraum. — Beim Gebrauch erhält die Maschine eine gegen den Horizont geneigte Lage, indem sie mit ihrem Kopfende auf einem festen Unterlager G ruht, und das Fußende mittels einer Kette, welche in dem Punkt H befestigt ist, so tief in das Wasser herabgelassen wird, daß der zweite und fünfte Triebstock den Wasserspiegel berühren. Denn in dieser Lage nimmt die aus dem Wasser heraustretende Schaufel, wie aus der Figur deutlich zu ersehen ist, nicht nur das Wasser mit ihrer ganzen Oberfläche auf, sondern es wird auch der Zwischenraum zwischen zwei zunächst liegenden Schaufeln gerade mit so viel Wasser angefüllt, als er zu fassen vermag, ohne daß das Wasser oberhalb der Schaufeln, woselbst, wie bereits erwähnt, ein Spielraum vorhanden ist, zurückfließen kann. — Wird nun das obere Getriebe mittels einer Kurbel so in Bewegung gesetzt, daß die leeren so wie die vollen Schaufeln sich nach den Richtungen der Pfeile bewegen; so muß das Wasser oberhalb bei G ausfließen, welches daselbst in einer Rinne aufgefangen und nach einer beliebigen Stelle abgeführt werden kann. — Das Paternosterwerk (Rosenkranzmühle) hat nur noch ein geschichtliches Interesse, indem es in der Praxis wenig oder gar nicht mehr vorkommt. Es liegt dabei dieselbe Idee, wie bei den Schaufelwerken zu Grunde, nur ist sie hier weit unvollkommener ausgeführt. Hier wird nämlich ebenfalls ein Seil ohne Ende über zwei Getriebe gelegt, welches statt der Schaufeln mit Wülsten (ausgestopfte kugelförmige Kissen) in gleichen Entfernungen von einander versehen ist. Die eine Seite dieses Seils ohne Ende geht durch eine verticalstehende cylindrische Röhre, während die andere Seite sich ganz frei bewegt. Die Kugeln passen nur sehr enge in der Röhre, nehmen daher bei ihrem Emporsteigen das Wasser mit in die Höhe und gießen es oben aus. — Wiewohl nun hierdurch das Wasser auf eine größere Höhe als bei den Schaufelwerken, wegen des verticalen Standes der Maschine, gehoben werden kann; so findet doch hier ein so überaus hoher Grad von Reibung Statt, und ist die Maschine außer andern Unvollkommenheiten auch so vielen Reparaturen unterworfen, daß sie, wie gesagt, gegenwärtig außer allem Gebrauch ist. — Bringt man bei einer solchen Maschine statt der Wülste, runde lederne Scheiben an, die genau in der cylindrischen Röhre passen, so wird diese ebenfalls unvollkommene Was-

serförderungsmaschine eine Scheiben- oder Püschelkunst genannt. — Bei der sogenannten Kastenkunst, einer Wasserförderungsmaschine der Alten, die aber nicht minder heut zu Tage als unbrauchbar verworfen worden ist, liegen zwei gewöhnliche eiserne Ketten ohne Ende auf zwei sechskantigen Walzen. An diesen Ketten befinden sich in gleichen Entfernungen von einander kleine Kasten von Holz oder Eisenblech, die genau so hoch sind als jede der sechs Seiten der erwähnten Walze breit ist. Uebrigens ist hier gar keine Röhre vorhanden und bewegen sich sowohl die vollen als leeren Kasten ganz frei auf und ab. Auch hat die Maschine eine verticale Stellung. Die obere Walze wird vermittels einer Kurbel umgedreht, die mit Wasser gefüllten Kasten legen sich auf den Seiten der Walze um, gießen ihr Wasser aus, fahren in umgekehrter Lage wieder zum Wasser herunter u. s. w.

Es können noch als Wasserhebeapparate nachfolgende in andern Artikeln behandelte Apparate betrachtet werden: Die Verasche Seilmaschine (s. d. Art. Adhäsion S. 28.), das Pumpenwerk mit elastischen Membranen (pompe des Prêtres, s. d. Art. Springbrunnen S. 583.), der Heronsball, der Heronsbrunnen (eb. S. 584 u. 585.), der Sprungkegel (s. d. Art.), der Stoßheber (s. d. Art.).

Wasserhose, Wassertrompete, Trombe, eines der merkwürdigsten und gewaltigsten Meteore, das eben sowohl auf dem Lande (Landtrombe) als auf dem Meere vorkommt, und dessen eigenthümliche Beschaffenheit sich am besten aus der Mittheilung einiger Beobachtungen ergeben wird. Desmarquoy gibt von einer Trombe Nachricht, welche am 6. Juli 1822 mehre Communen in Pas de Calais verwüstet hat. An dem genannten Tage um 1 Uhr 35 Min. Nachmittags mußten die Arbeiter in der Ebene von Ossonval, einer Dorfschaft, sechs franz. M. westsüdwestlich von Saint-Omer und 6 franz. M. südwestlich von Boulogne, ihr Tagewerk wegen der eintretenden Finsterniß und aus Furcht vor einem Unwetter, mit dem sie bedroht waren, verlassen. Gewölk kam von verschiedenen Punkten und sammelte sich schnell über der Ebene. Bald bildete es nur Eine Wolke, welche allein den ganzen Horizont bedeckte. Einen Augenblick nachher sah man aus dieser Wolke einen dicken Dunst niedersteigen, welcher die bläuliche Farbe des brennenden Schwefels hatte; er bildete einen umgekehrten Kegel, dessen Basis (breiter Theil) sich gegen die Wolke stützte. Der untere Theil des Kegels, welcher zur Erde herab kam, bildete bald, indem er sich mit beträchtlicher Geschwindigkeit drehte, eine ungefähr 30 Fuß lange, oblonge, von der Wolke abgelöste Masse. Sie erhob sich mit dem Tosen einer Bombe von großem Kaliber, welche zerplatzt, und hinterließ auf der Erde eine Vertiefung in Gestalt eines kreisförmigen Bassins von 20 bis 25 Fuß Umfang und 3 bis 4 Fuß Tiefe in der Mitte. Kaum hundert Schritt von dem Orte, von welchem sie ausgegangen und von welchem sie sich von West nach Ost gerichtet hatte, übersprang die Trombe die Hecke eines Meierhofes, schlug eine Scheune nieder, und ertheilte dem Wohnsitz, welcher fest gebaut

war, eine Erschütterung, welche der Pachter mit einem Erdstoß verglich. Beim Ueberspringen der Hecke hatte sie die Kronen der stärksten Bäume zerrissen und fortgenommen; 25 bis 30 Bäume waren nach verschiedenen Richtungen niedergestreckt, ein Beweiß, daß sich die Trombe auf ihrem Wege in drehender Bewegung befunden hatte. Andere waren emporgehoben worden und so wie mehre Baumkronen an den Gipfeln der höchsten (60 bis 70 F. hohen) Bäume hängen geblieben. Nach diesen ersten Wirkungen durchlief die Trombe eine Entfernung von 2 franz. Meilen, ohne die Erde zu berühren, indem sie gewaltige Baumäste mit sich fortführte, die sie mit Getöse rechts und links ausspie. Angekommen auf der Höhe des Gehölzes von Fanquembergue, riß sie aufs neue die Gipfel mehrer Eichen ab, die man mit ihr über das Dorf Vendome hingehen sah, welches auf der Westseite des Forstes am Füße des Hügels liegt. In dieser Gemeinde richtete die Trombe weiter keine Verwüstung an, als daß sie auf einer Wiese einen starken Maulbeerfeigenbaum mit der Wurzel aufhob, und ihn in einer Entfernung von 600 F. erst wieder fallen ließ. Indem sie ihren Weg nach Art einer Geschützkugel, welche gegen die Erde schlägt und zurückprallend sich wieder erhebt, fortsetzte, kam die Trombe nach dem Dorfe Audinctun, wo sie drei Häuser abdeckte und mehre Bäume aufhob, unter andern 5 sehr hohe Ulmen, welche alle 5 von einem Stock ausgingen. Beim Austritt aus dem Thale, in welchem diese letzten Dörfer liegen, erhob sich die Trombe auf einen Berg, Capelle genannt. Mehre Landleute, die hier arbeiteten, sahen mit Schrecken dieß außerordentliche Phänomen durch ihre Wohnungen gehen; sie fürchteten bald für sich selbst, und hatten um der Gefahr zu entgehen, nur noch Zeit sich niederzulegen, indem sie ihre Ackerwerkzeuge umklammerten. Sie bemerkten verwundert, daß ihre Pferde niedergeschlagen waren, aber nicht scheu wurden; ein Pflugschaar (?) wurde so stark in die Erde geschlagen, daß er der Anstrengung dreier Pferde widerstand, sie bedienten sich einer Hacke um ihn nicht zu zerbrechen. Von diesen Arbeitern, welche auf dem Berge standen, so daß sie die Trombe ankommen sehen und in ihrem Laufe verfolgen konnten, erfuhr Desmarquoy einiges über ihre Gestalt, Größe und die Bestandtheile, aus welchen sie etwa zusammengesetzt sein mochte. Die Gestalt war oval, ihre Länge schien ungefähr 30 F. zu betragen, und ihr anderer Durchmesser mochte etwa 20 F. haben. Die Trombe drehte sich auf ihrem Wege, so daß sie nach und nach jede ihrer Seiten gegen jeden Punkt des Horizonts kehrte. Von Zeit zu Zeit gingen aus ihrem Innern Feuerkugeln aus, und oft auch Dampfkugeln, wie von Schwefeldampf. Die einen wie die andern warfen nach verschiedenen Richtungen Aeste aus, welche das Meteor von weit entfernten Punkten mit sich fortgerissen hatte. Das Getöse, welches dasselbe bei seinem schnellen Gange machte, glich dem eines schweren Wagens, der im Galop auf einem gepflasterten Wege gezogen wird. Man hörte jedesmal, wenn eine Kugel von Feuer oder Dampf erschien, eine Explosion gleich einem Flintenschuß; der heftige es begleitende Wind mischte sich mit schreckhaftem Brausen in dieses Geräusch. Nachdem die Trombe die Erde zerrissen und alles mit sich

forgeführt, was ihr an irgend einem Punkte Widerstand geleistet, erhob sie sich über den Boden um in einer Entfernung von einer und zuweilen bis 2 Lieues neue Verwüstungen anzurichten. Auf diese Weise verließ sie den Berg Capelle und ging immer in derselben Richtung nach dem Eine Lieue vom Berge entfernten Hernin-Saint-Julien, wo sie verschiedene Heuschober und viele Bäume aufhob. Von diesem Dorfe bis zu dem drei Lieues entfernten Witernestre richtete die Trombe keine bedeutende Verwüstung an; man erkannte nur auf dem Berge, welcher Hernin von Etré Blanche trennt, eine Furche von 30 F. Breite, in welcher das Getreide zerstört war, in einer Ausdehnung von 30 Morgen Landes auf dem Gipfel des Berges. Von da drang sie in das Thal von Witernestre und Lambre. Von dem erstgenannten Dorfe, welches aus 40 Wohnungen besteht, blieben nur 8 unverletzt. Zweiunddreißig Häuser mit ihren Scheunen wurden umgestürzt, eine ungeheure Anzahl Bäume niedergeschmettert, zerrissen und auf große Strecken fortgeführt. Man bemerkte zu Witernestre, daß die Giebel und Mauern der Häuser in von innen nach außen divergirender Richtung niedergeworfen waren. Nicht geringer war das Unglück zu Lambre. Mehre Personen unterschieden vollkommen den drehenden Gang des Meteores, seine schwefligbraune Farbe und den Mittelpunkt von glühendem Feuer, aus dem ruckweise bituminöse Dämpfe hervorbrachen. Die Bäume, welche die Kirche umgaben, wurden zerbrochen und entwurzelt, die Mauer und das Dach der Pfarrwohnung aufgehoben und 18 Häuser, die meist aus Backsteinen erbaut waren, am Grunde untergraben und so merkwürdig umgestürzt, daß die Mauern alle nach außen fielen. Ein glücklicher Umstand mitten unter diesen gewaltigen Zerstörungen war, daß niemand dabei umkam, nicht einmal in den beiden zuletzt genannten Dörfern. Nur Ein Individuum zu Witernestre wurde durch einen Balken am Arme schwer verwundet. Nachdem die Trombe Lambre verlassen, theilte sie sich, ein Theil ging in die Lüfte auseinander,; der andere, der nur einer durch einen heftigen nordwestlichen Wind getriebenen Wolke glich, begab sich über Lillers, ein Marktflecken drei Lieues von Lambre, wo er fast 300 Bäume entwurzelte und zerbrach; darauf ging auch er auseinander. Um 3 Uhr war das Wetter ruhig, der Himmel fast ganz frei, und der Donner, welcher sich fortwährend an allen Punkten des Horizonts hatte hören lassen, hörte zugleich mit der Trombe auf. Der folgende Abend und die folgende Nacht waren sehr schön.

Eine andere Trombe, welche in der Umgegend von Trier am 25. Juni 1829 beobachtet wurde, beschreibt Großmann. Gegen 2 Uhr Nachmittags zeigte sich eine Meile unter Trier, in ONO. von Ruwer und Pfalzel, etwa 20° über dem Horizont, ein Phänomen, welches eine große Anzahl von Menschen, die auswärts beschäftigt waren, in Erstaunen setzte, und eine halbe Stunde lang in unruhiger Erwartung erhielt. Der Himmel war nach dem Regen, der so eben gefallen war, noch bedeckt, als plötzlich mitten aus einer schwarzen Wolke, welche sich von ON. erhob, eine leuchtende Masse in entgegengesetzter Richtung sich zu bewegen, und sie gewaltsam zu zerreißen begann. Die Wolke nahm bald gegen die Höhe die Gestalt eines Schornsteines an, aus welchem

ein grau weißer Rauch entwich, der in Zwischenräumen mit Flammenausbrüchen gemischt war, und der aus mehren Oeffnungen sich mit solcher Gewalt erhob (wie sich eine Anzahl der Augenzeugen ausdrückte), als wenn er mit großer Lebhaftigkeit aus mehren Blasebälgen (Gebläsen) geblasen worden wäre. Das Meteor war über den Weinbergen von Disburg und gegenüber von Ruwer angekommen, als in einiger Entfernung mehr südlich auf dem rechten Ufer der Mosel plötzlich in Berührung mit dem Boden ein neues Meteor, wie mehren Beobachtern schien, auf schreckliche Weise erschien; es zerstreute Massen von Erdkohle, welche um einen Baum angehäuft waren, stürzte einen Arbeiter von einem Kalkofen und stürzte sich quer durch die Mosel mit einem schrecklichen Krachen, wie wenn eine große Anzahl Steine gegen einander stießen. Das Wasser schoß in einer hohen Säule auf. Dieses letzte Meteor ging, immer auf der Erde mit demselben Krachen hinrollend, von der Mosel durch die Felder von Falzel, indem es sichtbare Spuren seines Weges im Zickzack durch die mit Feldfrüchten bedeckten Felder hinterließ. Ein Theil dieser Feldfrüchte ward ganz zerstört, ein anderer Theil umgelegt und zerschlagen, das Uebrige fern in die Lüfte aufgehoben. Mehre Frauen, bei denen das Meteor vorüberging, fielen in Ohnmacht; andere, die weiter entfernt waren, verbargen sich oder flohen schreiend: Alle Felder stehen in Feuer. Zwei Arbeiter, welche auf einen Baum gestiegen waren, beobachteten das Meteor auf seinem ganzen Zuge, ein anderer hatte sogar die Besinnung und den Muth dem Meteor zu folgen, und dieß war bei einem gewöhnlichen Schritt leicht möglich. Aber in einem der Zickzacke, die es beschrieb, hüllte ihn das Meteor plötzlich ein. Er fühlte sich bald vorwärts gezogen, bald heftig gehoben, er stemmte sich kräftig mit seinem Handwerkszeug gegen den Boden, aber er wurde dennoch rückwärts hingeworfen. Der Wirbel verließ ihn jedoch und setzte seinen Weg fort. Er erinnert sich keines besonderen Eindruckes, welcher Geruch oder Geschmack getroffen hätte, sondern nur eines betäubenden Geräusches. Er versichert, es hätte zwei Ströme gegeben, von denen der eine sich schief erhoben und mit sich die Stengel und Aehren und andere leichte Körper fortgerissen hätte, der andere aber eine entgegengesetzte Richtung hatte. Der Weg, den sich das Meteor durch die Felder gebahnt, hatte nach verschiedenen Verhältnissen 10 bis 18 Schritt Breite und eine Länge von 2100 Schritt. Seine Gestalt war beinah konisch, seine Farbe bald grauweiß oder gelb, bald dunkelbraun, sehr oft feuerfarben. Das erste Meteor war in der Luft über diesem hier ungefähr in paralleler Richtung gegen Nord voraus; es bot während ungefähr 18 Minuten eine große Masse von grau weißer Farbe dar, welche zuweilen von der Flamme gerötheten Rauch auszustoßen schien, und welche in der Entfernung von ungefähr $\frac{1}{2}$ Lieue gesehen die Gestalt einer Schlange von 140 Schritt Länge hatte, deren Kopf gegen NNO. gerichtet war, und deren Schwanz auf der entgegengesetzten Seite lag. In 8 bis 10 Minuten hatte sich der Schwanz schon geändert, indem er sich senkte; im Augenblicke, wo er im Begriff stand, den Kopf zu berühren, verschwand das ganze Phänomen und gleichzeitig auch das untere Meteor, ohne daß weder in dem

Theile, der sich in der Luft befand, noch, wie ein Augenzeuge versichert, in dem unteren Theile eine Explosion stattfand; aber dann verbreitete sich ein sehr übelriechender Schwefelgeruch über das Feld weithin. Beinah gleichzeitig brach ein Unwetter über dem Gehölz aus, welches in NNW. von dem Orte lag, wo sich das Meteor gezeigt hatte, und wurde von einem Hagel von ungewöhnlich großen Körnern begleitet. Während dieser ganzen Zeit schien die Sonne nicht, wie die Mehrzahl der Beobachter versichert; und es fand auch kein Wind statt. Das obere Meteor wurde zu Gutweiler, Cossel, Trier und an anderen Orten beobachtet; es schien von den Höhen des Hochwaldes herabgestiegen zu sein. —

Ein Capitain Records von London, welcher im Jahre 1674 das Schiff the Blessing von 300 Tonnen und 16 Kanonen mit Ladung nach der Küste von Guinea führte, bemerkte in der Breite von 7 bis 8° N. mehre Wasserhosen, von denen die eine grade auf sein Schiff zu kam. Da er keinen Wind hatte, um sich von ihr zu entfernen, so machte er zu ihrem Empfange durch Einziehung der Segel Anstalt. Die Wasserhose kam mit großer Schnelligkeit herbei und platzte zuvor, ehe sie am Schiffe anlangte, sie machte dabei ein großes Geräusch und warf das Wasser ringsumher in die Höhe, wie wenn man in das Meer ein Haus oder dergleichen geworfen hätte. Die Wuth des Windes dauerte fort und ergriff das Schiff am Steuerbord mit einer solchen Heftigkeit, daß er auf einmal den Bogsprietmast und den Fockmast zerbrach, überflügelte das ganze Schiff der Länge nach, warf es auf die Seite, und hätte es fast umgeworfen. Allein das Schiff wurde bald wieder aufgerichtet, weil der Wind es in Wirbeln mit der nämlichen Wuth und auf der gegenüberstehenden Seite ergriff, und es auf die andere Seite warf. Einen andern Fall dieser Art erzählt Dr. Mercer in einem Briefe an Franklin. In dem Hafen St. Jean auf Antigua sah derselbe zwei oder drei Wasserhosen; auf der Oberfläche des Meeres zeigte sich ein Kreis von etwa 20 Ruthen im Durchmesser, in welchem das Wasser heftig bewegt und schnell in die Luft getrieben wurde. Als sie auf das Land kam, nahm sie Latten, Stangen, große Stücken Zimmerholz, ein kleines hölzernes Häuschen u. s. w. mit sich fort, sie hob letzteres aus seinem Fundamente heraus, führte es 40 F. von seiner Stelle fort, und stellte es hier wieder auf, ohne es zu zerbrechen oder umzuwerfen. Dabei war es merkwürdig, daß das Haus von Osten nach Westen getragen wurde, obgleich die Wasserhose ihren Zug von Westen nach Osten nahm. Zwei oder drei Neger und eine weiße Frau wurden durch den Fall eines in die Höhe gehobenen und herabfallenden Balkens getödtet. Zu Athlone in Irland sah man am 18. Juli 1822 Nachmittags um 4 Uhr eine schwarze Wolke, aus der ein Schweif bis zur Erde herabging. Er bewegte sich mit der Wolke langsam fort, zerbrach mehre große Baumstämme und schleuderte sie über 100 Fuß weit fort, hob Heuschober in die Luft, von denen keine Spur mehr zu sehen war, und nahm das Dach von einem Hause wie einen Hut vom Kopfe eines Menschen, und ließ es 1½ Meile davon in tausend Trümmern wieder auf die Erde fallen. Dieser Schweif

wechselte oft in Gestalt und Farbe; bald glich er einer starren Säule, bald wand er sich wie ein Aal, bald war er schwarz und dunkel, bald hellblau und wie von einem lichten Nebel umflort. — Am 25. Oct. 1820 hatte man auf einer Bleiche zu Arnsdorf in Schlesien so eben einige hundert Schock weiße Leinwand, die auf derselben ausgespannt waren, begossen, und die Leute saßen eben bei Tische, als nach 12 Uhr ein Sturmwind hereinbrach, der so dicke Staubwolken aufwirbelte, daß sich das Tageslicht in dicke Finsterniß verwandelte. Er drückte die Fenster des Bleichhauses, auf welche er stieß, ein, warf die Flügelthüren unter fürchterlichem Krachen ein, hob alle andern Thüren in dem Gebäude aus ihren Angeln, so daß der Wind überall quer durch dasselbe hinrauschte, und warf einen großen Leiterwagen, der vor der Thüre stand, so um, daß die Räder zu oberst gekehrt waren. Die Leinwand wurde emporgehoben und in mehre Knäule aufgewickelt, und der größte derselben in gerader Richtung mehr als 40 Fuß hoch über das bedeutend hohe Bleichhaus fortgeführt und 150 Schritte weit in Gräben und Strauchwerk geschleudert. Man hatte mehre Stunden lang zu thun, um die ganze in einander gefilzte Masse wieder zu entwirren; sie bestand aus 27 Schock, von denen jedes naß 23 Pfd. wog, und in der Mitte des Knäuls steckte ein 7 F. langer, 2½ Z. dicker und 11 Z. breiter Pfosten, der zum Steg über einen nicht weit entfernten Graben gedient hatte. Der Wirbelwind hatte ihn zugleich mit der Leinwand in die Luft geführt, diese um ihn wie um eine Rolle aufgewickelt und den, ohne den Pfosten, 4 Ctr. 93 Pfd. schweren Knäuel über das Haus weggeführt. Alles dieses war in Zeit von zwei Minuten geschehen.*)

*) Muncke führt noch folgende Beisp. an: Unter die Beispiele ganz eigentlicher Landtromben gehört namentlich die vom 23. April 1800 in Sachsen. Ein von der Wolke herabhängender Schlauch durchlief in einer Breite von etwa 60 Schritten eine deutſ. Meile in 7 bis 8 Min., und verheerte alle in diesem Bereiche liegenden Gegenstände, während außerhalb kaum ein Wind zu bemerken war, indem namentlich eine Bäuerin in Dittersdorf aus dem Fenster die Zerstörung ihrer wenig entfernten Scheune beobachtete, ohne selbst einen Windstoß zu empfinden. An eben jenem Orte wurden die Scheunen und Stallungen eines Landgutes theils umgeworfen, theils verrückt, das massive Wohngebäude aber wurde theils zertrümmert, theils am linken Flügel vorgeschoben, seine Fruchtspeicher stürzten in einen nahen Teich, und bloß der untere gewölbte Theil widerstand der Gewalt des Sturmes, welcher selbst das Geflügel fortriß und zum Theil tödtete. Auf dem nächstgelegenen Gute hatten drei Nebengebäude und zwei einzelne Häuser ein gleiches Schicksal, und im nahen Walde wurden die in der Richtung des Wirbelwindes befindlichen Bäume so gänzlich zerstört, daß in wenigen Minuten eine eigentliche Allee von der angegebenen Breite gebildet war, indem der Sturm manche Bäume mehre hundert Fuß fortriß. Unter andern wurde bei Etzdorf ein Knecht mit zwei Pferden aufgehoben und gegen 60 Schritte weit in einen Graben geschleudert, mehre andere unglaubliche Ereignisse dieser Art nicht zu erwähnen. Die am 27. Juli 1824 zu Reichenberg im Bunzlauer Kreise

Die Tromben, welche auf dem Meere vorkommen, verdienen mehr den Namen der Wasserhosen als die Landtromben, indem sie, wie diese auf dem Festlande Bäume, Häuser u. dgl., so auf dem Meere Wassermassen oder Wassertropfen in großer Menge emporführen. Kämtz macht die Bemerkung, daß die Wasserhosen nicht allenthalben auf dem Meere gleich häufig erscheinen. Auf der Mitte der Aequatoralmeere sollen sie nur da auftreten, wo der Passat nicht regelmäßig weht. In den niederen Breiten erscheinen sie auf dem hohen Meere nur in der Region der Calmen, wo entweder Windstillen sind, oder veränderliche Winde wehen. Am häufigsten kommen sie in der Nähe des Landes vor, wo Winde und Temperaturen unbeständig sind. Nach Kämtz scheinen sie sich vorzüglich in der Nähe hoher und steiler Küsten zu zeigen. Man findet sie besonders an der Küste von Guinea, in der Straße von Malacca, im mittelländischen Meere und im rothen Meere; auch im Canale und im finnischen Meere hat man sie häufig beobachtet. Wie auch die oben angeführten Beispiele bestätigen, so sind die Wasserhosen nach Horner niemals Wirkung eines allgemeinen Windes, sondern es herrscht vielmehr rings um sie her Windstille, und aus der Trombe selbst stürzt der Wind nach allen Richtungen hervor. Ueber die Entstehung der Wasserhosen äußert sich Kämtz, wie folgt. „Es scheint mir im hohen Grade wahrscheinlich, daß die meisten Wasserhosen da-

---

tobende Landtrombe beraubte in Voitsbach sieben Häuser und Scheunen ihrer Dächer, zerstörte eine gänzlich, und führte mehre Geräthschaften, als Wasserkannen, Stühle, Kleider, Betten u. s. w. bis zwei Stunden weit in den stark verheerten Wald fort. La Lande erzählt von einer zu Palma nuova im Venetianischen beobachteten Landtrombe, welche als etwa 600 Fuß hohe, bis zur Erde herabreichende Wolke nur sehr langsam mit dumpfem Getöse über dem Glacis der Stadt fortrückte, ein großes Haus abdeckte, andere rasirte, schon früher Blätter, Sand, Steine und Balken fallen ließ, endlich aber von einem Halbmondwerke aufgehalten wurde, und die im Wirbel fortgeführten Sachen herabschüttete. In seltenen Fällen sind diese Meteore gar nicht fortschreitend, wie z. B. zu Blanquefort bei Bourdeaux, wo man eine wirbelnde Wolke unter Blitz und Donner sich bis zur Erde herabsenken sah, welche die Häuser ihrer Dächer beraubte, einen starken Baum mit den Wurzeln ausriß, und sich zuletzt am Orte ihrer Entstehung wieder zerstreute. Nicht selten dagegen schütten solche tief zur Erde sich senkende und starke Verheerungen anrichtende Wolken zuletzt eine Menge Hagel herab. So zeigte sich namentlich am 4. Messidor 1801 eine Landtrombe bei der Stadt St. Marcellin. Ihre Basis hatte fast eine franz. Meile im Umfange, sie deckte zuerst die Häuser ab, riß dann die Fahne vom Thurme der Hauptkirche, wandte sich gegen das Feld, zerriß und zerbrach die Bäume, und schüttete dann eine Menge Hagel aus, wodurch nebst dem nachfolgenden Regen die Feldmarken mehrer Ortschaften zerstört wurden. Ganz diesem ähnlich war das Meteor, welches nach öffentlichen Blättern den Ort Gistebnitz im Taborer Kreise am 10. Mai 1818 verheerte.

durch entstehen, daß Luftströme in den obern Region'n der Atmosphäre auf einander treffen, und daß bereits hier die Ursache der wirbelnden Bewegung liege. Sind diese Luftströme heftig, ihre Temperatur und ihr Dampfgehalt sehr verschieden, so wird der Dampf mit Schnelligkeit condensirt. Während aber bei den gewöhnlichen Wirbeln die leichten Körper in die Höhe steigen, werden hier die Dampfbläschen von oben nach unten geführt, wobei die Masse von der Wolke aus gegen die Erde an Dicke abnimmt. Hierbei bleibt die Frage noch unentschieden, ob wirklich ein Herabführen von Nebelbläschen stattfinde, oder ob nicht vielmehr die Condensation auch in der Tiefe fortdaure, dergestalt, daß das Herabsinken nur scheinbar ist. Endlich erreicht der Wirbelwind die Oberfläche des Meeres, dieses wird unruhig, es erhebt sich zu Tropfen gepeitscht, und hat ganz das Ansehen eines rauchenden Ofens. Indem sich von oben die Wolke senkt, von unten das Meer erhebt, vereinigen sich endlich beide, und es findet eine Verbindung zwischen Wolke und Meer statt. Schon Dampier, welcher viele Wasserhosen beobachtete, bemerkt, daß die Säule unter der Wolke hänge, und ihre Dicke geringer werde, je näher sie dem Meere komme. Wenn dann aber die Meeresfläche unruhig wird, so sehe man das Wasser schäumen, und sich in einem Raume von 100 Schritten im Umfange lebhaft kräuseln, bis daß die kräuselnde Bewegung zunimmt, da es sich alsdann in einer Säulengestalt von ungefähr 100 Schritten an ihrer Grundfläche erhebt, welche aber ebenfalls im Aufsteigen dünner wird, dergestalt, daß die ganze Wasserhose an beiden Enden am dicksten, in der Mitte aber am dünnsten ist. Während dieses Vorganges wird die Wolke stets dichter und dunkler. Einen ähnlichen Vorgang erzählt Colden in einem Briefe an Franklin. Auf einer Reise nach Westindien sah er eine Wasserhose in der Entfernung von 30 bis 40 Ruthen von dem Schiffe. Sie hatte die Gestalt eines umgekehrten Kegels, dessen Basis in dem dicken schwarzen Gewölk lag, und dessen Spitze etwa 8 Fuß von der Oberfläche des Meeres entfernt war. Bei dem ruhigen Wetter ging die Wasserhose langsam bei dem Schiffe vorbei, aus ihr kam ein heftiger Windstrom, welcher ein Loch von etwa 6 Fuß Durchmesser auf der Oberfläche machte, und das Wasser wie eine kreisförmige Falte um diese Vertiefung hob. Eben dieser Beobachter sah auf derselben Reise noch mehre solcher Erscheinungen, keine aber erreichte die Oberfläche des Meeres. Eben dieses Herabsinken der Wasserhose erwähnen Buchanan, Maxwell und Andere.“ Dafür, daß das Wasser bei einer Wasserhose nicht aus dem Meere (wenigstens nicht unmittelbar, sondern in Dunst umgewandelt), sondern vielmehr aus der Wolke komme, spricht der bemerkenswerthe Umstand, daß wenn ein Schiff von einer Wasserhose überschüttet wird, die neben demselben oder über dasselbe hingeht, das zurückbleibende Wasser stets von süßem Geschmack ist. Franklin hat in dieser Beziehung viele Erkundigungen eingezogen, und nur einmal von einem salzigen Regen gehört. Nach Horner gibt es aber auch Wasserhosen, welche von unten ihren Ursprung nehmen. Dampier bemerkte eine Wasserhose, die schnell gegen das Schiff kam, sie hob das Wasser in Gestalt einer Säule 6 bis 7 Fuß

kräuselnd in die Höhe. Da er keine Wolke über ihr sah, so glaubte er, daß sie ihre Kraft bald verlieren würde. In 4 bis 5 Minuten kam sie bis auf die Länge eines Kabeltaues an dem Schiff vorbei. Dann sah er einen langen blassen Strom, der die Breite eines Regenbogens hatte, und über dem Wasserwirbel herabstieg. Das obere Ende desselben schien ungemein hoch zu sein und kam aus einer dunkeln Wolke herab. Diese Erscheinung kam ihm um so befremdender vor, da er bis dahin dergleichen noch nicht gesehen hatte. Eine ähnliche Thatsache erzählt Buchanan. In der Nähe des Aequators bemerkte er eine Art von Wolke an der Oberfläche des Meeres, über welcher eine dunkle Wolke hing. Später kam ein Stück einer Säule aus der Wolke, welches nach einiger Zeit wieder verschwand; eine halbe Stunde später erschien die Säule aufs Neue, es hatte sich ein cylindrischer Stamm gebildet, welchen der Wind ein wenig nach Norden krümmte, erst nach einiger Zeit vereinigten sich beide. Eben so bemerkte Wolke auf dem finnischen Meerbusen eine große Wasserhose, welche über das Schiff wegging. Viele kleinere und größere Wassermassen tanzten um die Hose her, erhoben sich zugespitzt 12 bis 16 Fuß hoch und sanken, während andere stiegen, wieder herunter. Eine leichte Wolke von Dünsten schwebte über den tanzenden Spitzsäulen und um sie herum. Die aufwärts steigende Bewegung sah auch Napier. Eine Art von Tromben, welche von unten zu entstehen scheinen, sind die Sandhosen oder Erdtromben, welche von Reisenden in den asiatischen und afrikanischen Wüsten häufig wahrgenommen worden sind. Bruce beschreibt die Erscheinung, wie er sie in der nubischen Wüste wahrgenommen hat. In der weiten wüsten Ebene von Westen nach Nordwesten sahen wir in gewissen Entfernungen eine Anzahl erstaunlich hoher Säulen von Sand, die sich bald sehr hurtig bewegten, bald mit majestätischer Langsamkeit fortrückten. Zuweilen dachten wir, sie würden uns in wenig Minuten überschütten: und es flogen auch dann und wann kleine Quantitäten Sand zu uns; bald zogen sie sich wieder zurück und kamen uns fast ganz aus dem Gesicht.

Ueber den Ursprung der Wasserhosen läßt sich etwas Bestimmtes, alle einzelnen bei ihnen auftretenden Erscheinungen Erklärendes nicht angeben, besonders darum, weil wir zu wenige wahrhaft wissenschaftliche Beobachtungen dieses großartigen Phänomens besitzen. Höchst bemerkenswerth sind jedenfalls die elektrischen Erscheinungen (zu denen besonders die Feuererscheinungen gehören, deren mehre Berichte erwähnen), welche unstreitig bei den meisten, wenn nicht bei allen Tromben auftreten, und es ist nur die Frage, ob dieselben mehr als Folge (der gewaltigen Reibung der Luftmassen an einander und den in ihnen enthaltenen Gegenständen) oder als Ursache zu betrachten seien, wie ausgezeichnete Physiker darzuthun sich bemüht haben.

Wasserstoff (Hydrogen, brennbare oder inflammable Luft), wurde zuerst als eigenthümlicher chemisch einfacher Stoff erkannt, seit Cavendish 1781 die Zusammensetzung und später Lavoisier die Zersetzung des Wassers in Wasserstoff und Sauerstoff lehrte. Zwar wußte

man schon früher, daß die Luft, welche sich aus Sümpfen und in einigen Bergwerken entwickelte, so wie welche man durch Uebergießung gewisser Metalle mit Säuren erhielt, brennbar sei, jedoch ohne die Natur dieser Luftart zu kennen. In der Natur findet sich dieser Stoff nie rein, sondern immer mit Kohlenstoff, Sauerstoff, auch Schwefel, Phosphor, Chlor, Jod, Cyan u. s. w., mit Kohlen- und Sauerstoff, als Bestandtheil fast sämmtlicher Pflanzen, mit Stickstoff und Sauerstoff als Bestandtheil fast sämmtlicher thierischer Körper, vor. Die künstliche Darstellung des Wasserstoffs ist allemal ein Wasserzerlegungsproceß. Werden Metalle mit Säuren übergossen, so wirkt die Säure nur als Unterstützungsmittel des elektrochemischen Processes; die Metalle oxydiren sich (verbinden sich mit dem im Wasser enthaltenen Sauerstoff), Wasserstoff wird frei. Das reinste Wasserstoffgas erhält man entweder durch Zerlegung des Wassers mittels der galvanischen Säule (Wasserstoff am negativen Pol) oder indem man Wasserdämpfe durch ein glühendes Rohr über Eisen führt. Bei der Bereitung des Wasserstoffs durch Uebergießung der Metalle mit Säuren dagegen werden häufig, besonders wenn die Entwicklung des Gases rasch erfolgt, Theilchen der Metalle mechanisch mit in die Höhe gerissen, mit welchen dann das Gas verunreinigt erscheint, daher man zinkhaltiges, eisenhaltiges Wasserstoffgas u. s. w. erhält. Das reine Wasserstoffgas ist ein farbloses Gas von 0,0694 specif. Gewicht, das der atmosphärischen Luft = 1 genommen, also $14\frac{3}{7}$mal leichter als atmosphärische Luft, und 16mal leichter als Sauerstoffgas. Es ist geschmack- und geruchlos, und hat im Verhältniß zu seiner Dichtigkeit unter allen Gasarten die stärkste lichtbrechende Kraft, die sich zu der der atmosphärischen Luft im Verhältniß ihrer Dichtigkeit wie 6,89 : 1 verhält. Es ist außerordentlich brennbar, unterhält jedoch das Verbrennen nicht, und entwickelt beim Verbrennen die meiste Wärme, aber nur wenig Licht. Das Gas ist ferner unathembar, so daß Thiere sehr schnell in Wasserstoffgas ersticken, läßt sich jedoch in Verbindung mit etwas atmosphärischer Luft einige Zeit lang einathmen. Seiner großen Leichtigkeit wegen gebraucht man dieses Gas zur Füllung der Luftballons (s. d. Art.). Die medicinische Anwendung des Wasserstoffs ist noch zweifelhaft. Nach Einigen soll es, in Verbindung mit atmosphärischer Luft eingeathmet, die Stimme heller und reiner machen; nach Bischof soll es erheitern, das Gesicht schärfen, jedoch die Muskelkraft und den Puls schwächen, das Blut entsauerstoffen und später Schwindel verursachen. Von den Verbindungen des Wasserstoffs mit andern Körpern sind die meisten schon an andern Orten, bei der Beschreibung der Eigenschaften dieser Körper erwähnt. Hier nur die zwei wichtigsten mit Sauerstoff. Die erste dieser Verbindungen ist das allgemein verbreitete und allgemein bekannte Wasser, welches sich jederzeit durch Vereinigung von Sauerstoff und Wasserstoff, unter Einwirkung von Licht, Wärme, Elektricität, oder starkem und raschem Druck bildet. Das Gemenge von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas in dem gehörigen Verhältnisse ist unter dem Namen Knallgas bekannt. Wird dieses Knallgas irgend wie entzündet, so zersetzt es sich unter der heftigsten Explosion und bildet Wasser, und

zwar regelmäßig in dem Verhältniß, daß 2 Volumina Wasserstoff mit einem Volumen Sauerstoff oder 1 Gewichtstheil Wasserstoffgas mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoffgas zusammentreten. In neuester Zeit entdeckte jedoch Davy, daß Platinschwamm (Produkt der Glühung des salzsauren Platinoxydammoniaks) in Knallgas getaucht, schnell zu glühen beginne, und das Knallgas entzünde, ebenso auch in einem Gemisch von Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft, ferner, daß wenn man in atmosphärischer Luft einen Strom Wasserstoffgas auf Platinschwamm streichen läßt, dieser ebenfalls zu glühen beginnt, und das Gas selbst entzündet. Hierauf gründeten sich die von Döbereiner erfundenen Platinfeuerzeuge (s. d. Art. Feuerzeug). Noch kräftiger wirken in dieser Beziehung das sogenannte Platinschwarz und pulveriges Irid. Auch andere fein zertheilte Metalle oder poröse und pulverige Körper bewirken, bis auf einen gewissen Grad erhitzt, das Zusammentreten beider Gasarten zu Wasser. — Läßt man das Knallgas durch sehr enge Oeffnungen strömen, so verhindern diese die Fortpflanzung der Entzündung. Auf dieser Eigenschaft beruht die Davysche Sicherheitslampe (s. d. Art.) und das Knallgasgebläse (s. d. Art. Gebläse), durch welches die bis jetzt denkbar höchsten Hitzgrade hervorgebracht werden können. In der Natur kommt das Wasser, da es das Lösungsmittel vieler Substanzen ist, selten rein vor, und muß daher für den chemischen, physischen und pharmaceutischen Gebrauch fast immer durch Destillation gereinigt werden. Das reinste Wasser ist das Regen- und Schneewasser, weniger rein das Flußwasser. Quell- oder Brunnenwasser sind meistens unreiner als Flußwasser, außer bei den Quellen, welche in Sand- oder Granitgebirgen, überhaupt in solchen Gebirgsarten entstehen, welche dem Wasser wenig auflösliche Theile darbieten. Das reine Wasser erscheint als farblose, durchsichtige, bei gewöhnlicher Temperatur, geschmack- und geruchlose weder auf Säuren noch auf Basen reagirende Flüssigkeit, deren specif. Gew. man = 1 zu setzen pflegt. Ein Wiener Cubikfuß reines Wasser wiegt bei der mittleren Temperatur von + 12° R. 56,3262 Wiener Pfund und bei + 3° R. (Temperatur der größten Dichte) 56,3772 Wiener Pfund. Hiernach ist das Gewicht eines Kubikfußes Wasser bei + 12° R.:

im Badischen	Maß	und Gewicht	53,93	Pfd.
— Baierischen	—	—	44,31	—
— Braunschweigis.	—	—	49,68	—
— Hannoverschen	—	—	50,84	—
— Preußischen	—	—	66,04	—
— Sächsischen	—	—	48,22	—
— Würtembergis.	—	—	50,21	—

Es ist sehr wenig zusammendrückbar, hat seine größte Dichtigkeit nach Hallström bei 3,28° R., nach Muncke bei 3,004° R., (s. d. Art. Ausdehnung S. 111. f.), und gefriert bei etwas unter 0° R. oder + 32° R. Fahrenheit, wo es sich wiederum ausdehnt, und in sechsseitigen Säulen und ihren Abwandelungen krystallisirt. Eis (s. d. Art.) ist leichter als Wasser; sein specif. Gewicht verhält sich zu dem des Wassers ungefähr, wie 9 : 10. Das Wasser siedet unter gewöhn-

lichem Luftdrucke bei 80° R. oder 212° F., und verwandelt sich in einen durchsichtigen Dampf (s. d. Art.) von 0,625 specif. Gew. (atmosphärische Luft = 1), welcher das 1700fache Volumen des Wassers, aus dem er entstand, einnimmt. Durch Wasser werden fast alle Gasarten absorbirt, natürlich je nach der Beschaffenheit der zu absorbirenden Gase, in verschiedenen Mengen, und diese Absorptionsfähigkeit kann durch Druck und Erkältung erhöht werden, dagegen wird sie vermindert oder aufgehoben durch Temperaturerhöhung, Verdünnung der Luft, und Auflösung von festen Körpern im Wasser, durch welche die Gasarten nicht chemisch gebunden werden. (S. d. Art. Absorption.) — Die Verwandtschaft des Wassers zu einfachen Körpern ist nur gering; dagegen verbindet es sich gern und innig mit zusammengesetzten Körpern zu sogenannten Hydraten. Diese Hydrate nehmen oft noch eine bestimmte Menge Wasser zum Krystallisiren auf, Krystallisationswasser, welches sie indeß, da es nicht chemisch an sie gebunden ist, z. B. durch Glühen, leicht wieder fahren lassen. Auch die Salze nehmen oft beim Krystallisiren Wasser auf. Viele Säuren, Basen, Salze, so wie viele indifferente organische Körper, wie Gummi, Eiweiß, Leim, lösen sich im Wasser auf. Die sogenannten zerfließlichen Substanzen ziehen, vermöge ihrer großen Verwandtschaft zum Wasser, dasselbe aus der Luft an, wodurch ihr Zerfließen bewirkt wird. — Die zweite Verbindung des Wasserstoffs ist das von Thénard 1818 entdeckte sogenannte Wasserstoffhyperoxyd. Bei gewöhnlichem Luftdruck nämlich verschluckt das Wasser nur ungefähr $\frac{1}{27}$ bis $\frac{1}{15}$ seines Volumens, Sauerstoff, kann indessen durch verstärkten Druck und in der Kälte bis $\frac{1}{2}$ Volumen Sauerstoff aufnehmen; durch ein ebenso sinnreiches und zusammengesetztes Verfahren aber brachte Thénard das Wasser zur Aufnahme des 475fachen Volumens Sauerstoff. Dieses nach Thénards Angabe erhaltene Wasserstoffhyperoxyd (oxydirtes Wasser, tropfbarflüssiger Sauerstoff), ist eine tropfbare, farblose durchsichtige Flüssigkeit von Syrupsdicke und 1,453 specif. Gewicht, welche noch nicht bei — 24° R. gefriert. Sie ist nach Thénard geruchlos, nach Berzelius von schwachem widerlichen, chlorähnlichem Geruch, von widerlichem bitterherben Geschmack, welche nach Thénard Lackmus nicht röthet, nach Berzelius alle Pflanzenfarben bleicht und zerstört. Auf die Oberhaut gebracht macht es einen weißen Fleck, und erregt eine stechende Empfindung, beides jedoch nur vorübergehend. Diese Verbindung läßt sich außerordentlich leicht zerlegen, von vielen Körpern durch bloße Berührung. Am heftigsten erfolgt diese Zersetzung durch Silberoxyd, unter lebhafter Explosion und Feuerentwicklung, wobei das Silber reducirt wird, durch einen bis jetzt unerklärlichen Proceß. Mit mehr Wasser verdünnt hält das Wasserstoffhyperoxyd den Sauerstoff fester gebunden. — In neuester Zeit hat man, wie unzähliges Andere, auch das Wasserstoffhyperoxyd als Mittel gegen die Cholera gebrauchen wollen.

Wasserwage, (franz.) Niveau ist ein Instrument, dessen man sich zur Herstellung und Beobachtung einer horizontalen Richtung bedient.

Es gibt verschiedene Arten dieses Instrumentes, sowohl in Bezug auf den Zweck, zu dem sie dienen sollen, als in Bezug auf das Princip, auf welches sie gegründet sind. Bei vielen Instrumenten, namentlich beim Meßtische und bei den astronomischen Instrumenten kommt es darauf an, sie in eine horizontale Richtung zu bringen. Die Wasserwage, deren man sich hierzu bedient, ist die Libelle, das Niveau mit der Luftblase. Dieselbe beruht auf dem Princip, daß in einem Gefäße, in welchem sich eine Luftblase und tropfbare Flüssigkeit befindet, die Luftblase stets die höchste Stelle einnimmt. Die einfachste derartige Wasserwage besteht in einem kleinen cylindrischen Gefäße unten mit einem ebenen Boden, oben mit einem Uhrglase bedeckt. Diese beiden Böden müssen so abgeglichen sein, daß die höchsten Theile des convexen Glases parallel mit der ebenen Grundfläche sind, oder daß das Uhrglas (welches ein Kugelabschnitt ist) durchaus symmetrisch über der unteren Ebene liegt und sein höchster Punkt über dem Mittelpunkt der Grundfläche steht. Im Innern dieses Gefäßes befindet sich Wasser oder Weingeist und eine kleine Luftblase. Wird nun dieses Instrument mit dem ebenen Boden z. B. auf einen Tisch gestellt, so erkennt man die Horizontalität des letzteren daran, daß die Luftblase den Mittelpunkt, d. h. die höchste Stelle des Glases einnimmt. Ist dieses nicht der Fall, so muß man die Stellung so lange ändern, bis die Luftblase die angegebene Stelle einnimmt. An den Instrumenten, bei denen es auf horizontale Stellung ankommt, sind Schraubenvorrichtungen angebracht, um nach Angabe der Wasserwage die Stellung zu reguliren. Genauer als das eben angegebene Instrument ist die Libelle, welche in einer wenig gekrümmten, mit Wasser oder Weingeist und einer Luftblase gefüllten Glasröhre besteht, und die im Art. Passageninstrument S. 87 bereits beschrieben ist, wo auch die Art, wie man sich derselben zur Stellung astronomischer Werkzeuge bedient, an einem Beispiele genau angegeben ist.

Eine sehr ausgedehnte Anwendung finden die Wasserwagen da, wo es darauf ankommt, in verschiedenen Entfernungen Punkte anzugeben, die in derselben Horizontalebene liegen, oder zu bestimmen, um wie viel ein Punkt über der Horizontalebene eines anderen Punktes sich erhebe. Man bedient sich hierbei sehr häufig der Canalwage. Dieselbe besteht aus einer mehre Fuß langen blechernen Röhre AB (Fig. 437.), an die zwei rechtwinklich von ihr ausgehende parallele ziemlich weite Glasröhren AC und BD befestigt ist. Die Röhre AB steht auf einem Fuße, auf dem sie sowohl innerhalb der Horizontalebene als der Verticalebene gewendet werden kann. Man stellt sie so, daß sie ungefähr horizontal ist, und füllt sie mit Wasser, bis dieses in den beiden Glasröhren etwa bei E und F steht. Hierbei muß man sich vorsehen, daß in der Röhre AB keine Luftblasen zurückbleiben, weil diese der Richtigkeit des Instruments Schaden thun würden. Nach dem bekannten hydrostatischen Gesetze wird das Wasser in AC und BD gleich hoch stehen, d. h. so daß die Oberflächen desselben in derselben Horizontalebene liegen. Visirt man nun über diese beiden Oberflächen hinweg, so erblickt man hinter der zweiten denjenigen entfernten Punkt,

welcher in derselben Horizontalebene mit beiden Wasserflächen liegt. Dieses Visiren wird dadurch unsicher, daß sich das Wasser an den Wänden der Röhre emporzieht, und man daher sehr scharf die Mitten der Wasserfläche ins Auge fassen muß. Man erleichtert sich die Beobachtung daher mit Hilfe zweier Dioptern*), welche mit messingenen Ringen um die Glasröhren fassen, so daß jedes einzeln genau mit der Wasserfläche in gleiche Höhe gestellt werden kann. Das eine Diopter hat eine kleine runde Oeffnung, das andere ein Haar, und man visirt durch die Oeffnung über das Haar, um den gesuchten Punkt von gleicher Höhe an einem in einiger Entfernung stehenden Gegenstande zu suchen. — Nach de la Hire sollen in den beiden Glasröhren Dioptern schwimmen, oder statt dessen in der einen Röhre eine Objectivlinse in der anderen ein Ocularglas. Statt des Wassers nimmt man für eine solche Vorrichtung besser Quecksilber.

Zu demselben Zwecke ein bei weitem passenderes Instrument ist die Sissonsche Wasserwage, welche in einem mit einem Fadenkreuze versehenen Fernrohre A B (Fig. 438.) besteht, an welchem eine Libelle hängt, deren Stellung durch die feine Schraube G so regulirt werden muß, daß die Libelle Horizontalität anzeigt, wenn die Axe des Fernrohres in horizontaler Lage sich befindet. Ist das Instrument einmal in dieser Weise regulirt, so kann man auf jedem Standpunkte desselben das Fernrohr dadurch horizontal stellen, daß man es mit der Schraube E höher oder niedriger an seinem einen Ende stellt, bis die Wasserwage Horizontalität anzeigt. Sieht man dann durch das Fernrohr, so fällt das Fadenkreuz vor den Punkt, welcher mit der Axe des Fernrohres in derselben Horizontalebene liegt. Bei F läßt sich das Fernrohr in einem Zapfen innerhalb der Horizontalebene wenden. Ueber die Art und Weise, wie derartige Instrumente regulirt werden (vergl. d. Art. Passageninstrument S. 87 ff.).

Wenn man bestimmen will, wie hoch ein Punkt über der Horizontalebene eines anderen liege, so stellt man an dem einem Punkte das horizontale Fernrohr auf, und bringt an dem anderen Punkte eine Stange in verticaler Richtung an, welche eine Tafel mit einem verschiebbaren passenden Merkmale trägt, um nach ihm hin zu visiren, und mit einem Maßstabe versehen ist, um die Höhe des Merkmales über dem Boden (den Punkt, dessen Erhebung man kennen lernen will) zu messen. Kennt man dann auch die Höhe des Nivellirinstrumentes über dem Boden, so ist es leicht, den Höhenunterschied beider Orte zu berechnen. Diese Nivellirtafel ist gewöhnlich in vier gleich große Quadrate getheilt, von denen zwei diametral gegenüberliegende schwarz, die zwei anderen weiß gefärbt sind. Nach der Mittellinie wird visirt. Die Tafel ist in einer Nute der mit dem Maßstabe versehenen Nivellirlatte verschiebbar und ein Zeichen, welches dem Mittelpunkte der Tafel entspricht, zeigt auf dem Maßstabe die Höhe des abvisirten Punktes über dem Boden an. Mitis hat an der Sissonschen Wasserwage

*) S. d. Art. Alhidade.

mehre Verbesserungen angebracht, welche ihren Gebrauch erleichtern und erweitern. Es ist ein horizontaler eingetheilter Kreis angebracht, welcher mit Hilfe einer eigenen Wasserwage in der horizontalen Stellung berichtigt wird, und an dem man den Winkel messen kann, um welchen das Fernrohr verschoben wird, wenn es nach der Beobachtung eines Punktes in der Horizontalebene auf einen zweiten gerichtet wird. Ferner ist mit dem Fernrohr ein senkrecht herabgehender Stab verbunden, welcher, indem er sich auf den Boden aufstützt, bewirkt, daß das Fernrohr stets in derselben Höhe über dem Boden steht. An dem Maßstabe der Nivellirlatte kann dann in gleicher Höhe von unten der Nullpunkt angenommen werden, und so erhält man bei der Ablesung an diesem Maßstabe da, wo das Merkzeichen steht, sogleich die Höhe des einen Ortes über dem anderen. Eine dritte Verbesserung macht zwar das Fernrohr zusammengesetzter, erhöht aber zugleich die Anwendbarkeit desselben, indem es geschickt wird, auch gegen den Horizont geneigte Linien mit gleicher Sicherheit wie in der Horizontalebene zu visiren. Das Fernrohr steht nämlich oberhalb jenes Kreises so, daß es sich in der Verticalebene, die durch ein auf jenem Kreise bewegliches Lineal geht, in horizontale, aber auch in geneigte Stellung bringen läßt, und ist statt eines Niveaus mit dreien versehen, deren zwei eine bedeutend geneigte Stellung gegen das Fernrohr annehmen können. Das eine derselben ist, wie bei dem vorigen Instrumente, bestimmt, die Axe des Fernrohrs horizontal zu stellen, und dieses wird also auf die gewöhnliche Weise berichtigt, so daß die Visirlinie horizontal ist, wenn die Blase in der Mitte steht. Die beiden andern sind bestimmt, das eine Höhenwinkel, das andere Tiefenwinkel anzugeben, und man berichtigt ihre Stellung auf folgende Weise. Nachdem das der Horizontalstellung zugehörende Niveau berichtigt ist, bringt man das Fernrohr in die genau horizontale Stellung und läßt in bestimmter Entfernung z. B. 500 Fuß, die oben beschriebene Visirtafel aufstellen, und ihre Mitte so heben oder senken, daß die horizontale Gesichtslinie ihre Mitte trifft. Nun berechnet man für den Höhenwinkel, für den man das zweite Niveau zu stellen beabsichtigt, wie viel die unter diesem Höhenwinkel geneigte Linie in jener Entfernung von 500 Fuß sich über die Horizontallinie erhebt, und um so viel höher stellt man die Nivellirtafel. Man ändert die Neigung des Fernrohrs, bis die Mitte des Fadenkreuzes die Mitte der Visirtafel deckt, und ist also gewiß, so eine unter dem verlangten Höhenwinkel geneigte Linie abzuvisiren, und bei dieser ungeändert bleibenden Stellung des Fernrohrs führt man das zweite Niveau durch eine dieses Niveau allein bewegende Schraube auf die Stellung, wo die Blase die Mitte einnimmt. Da auf diese Weise die Horizontallinie des Niveau mit der Axe des Fernrohrs den bestimmten Winkel macht, so kann man nun zur Abvisirung jeder eben so geneigten Linie das mit Hilfe dieser Libelle eingestellte Fernrohr gebrauchen. Daß man für Tiefenwinkel, für welche das dritte Niveau bestimmt ist, auf gleiche Weise verfährt, ist nun leicht zu übersehen. Man kann, wie auch M i t i s bemerkt, zu demselben Zwecke, Linien in bestimmter Neigung abzusehen, auch außer den Kreuzfäden noch zwei bewegliche Horizontalfä-

den in dem Fernrohre anbringen, und diese soweit von der Mitte des Fernrohrs entfernen, daß sie einer bestimmten Neigung entsprechen, während der Mittelfaden die Horizontallinie bezeichnet. Diese unter einem bestimmten Winkel geneigten Visirlinien können einen doppelten Vortheil gewähren, indem sie erstlich, wenn man drei Beobachtungen macht, die etwa entstandene Unrichtigkeit eines der Niveau's sogleich kenntlich machen, und zweitens da, wo der Boden zu abhängig ist, um weit genug eine Horizontallinie abzusehen, doch ein Nivelliren auf bedeutende Entfernungen erlauben. Zu ähnlichem Zwecke, nämlich um eine Richtungslinie unter einem bestimmten Höhenwinkel abzuvisiren, gibt Puissant ein Instrument unter dem Namen Klitometer (v. d. griech. κλιτός Neigung) oder Niveau de pente (franz., Neigungsniveau) an, welches in einem langen Lineale mit zwei Diοptern besteht. Das Diopter, welches gegen den Gegenstand gerichtet wird, ist mit einer Theilung versehen, und kann nach Bedürfniß höher oder niedriger gestellt stellt werden, während das Lineal selbst in horizontaler Lage erhalten wird.

Wasserziehen ist ein eigenthümliches, sehr häufig erscheinendes Lichtmeteor, welches auftritt, wenn die Sonne hinter einem Gewölk steht, welches im Begriff ist, Regen zu ergießen, und durch einige Oeffnungen desselben hindurchscheinend die Luft beleuchtet. Die Dünste reflectiren dann das Licht und es erscheinen Streifen, welche lichter sind als der Grund. Diese Streifen scheinen gegen die Sonne hin zu convergiren und sich hinter der Wolke zu vereinigen, als wenn sich dort die Sonne befände. Dieses Phänomen verkündet baldigen Regen und erscheint im Sommer öfter als im Winter, bei niederem Sonnenstande öfter als bei hohem. Seltener ereignet es sich, daß man Strahlen sieht, die von einem der Sonne gerade entgegengesetzten Punkte des Firmamentes auszufahren scheinen, aber immer viel schwächer sind, als die vorhin besprochenen. Sie beruhen auf demselben Grunde, wie jene. Die von der Sonne ausgehenden, nach der entgegengesetzten Gegend des Firmamentes hinfahrenden Strahlen werden durch Reflexion in den Dünsten der unteren Luftregion eben so sichtbar, wie ein Lichtstrahl in einem dunklen Zimmer durch Reflexion in den feinen, in der Luft schwebenden Stäubchen, und wiewohl diese Strahlen parallel sind, so scheinen sie doch durch optische Täuschung gegen die fernsten Stellen zu convergiren, gerade so wie eine parallele Baumreihe gegen das von uns entfernteste Ende zu convergiren scheint.

Weingeist oder (arab.) Alkohol ist eine tropfbare Flüssigkeit, ein chemisches Produkt, welches bei der Gährung durch Umbildung des Zuckers entsteht. Es macht derselbe den wesentlichen Bestandtheil aller geistigen Flüssigkeiten aus (des Weines, Bieres, Branntweins, Meths u. a.), aus denen man ihn auch durch Entfernung der wässerigen und anderen Beimischungen gewinnt. Die Abscheidung des Weingeistes geschieht durch Destillation des Branntweins, indem die weingeistigen Bestandtheile desselben am leichtesten und ersten verflüchtigt wer-

den. Nach dem ersten Destilliren hat man nur wässrigen Weingeist erhalten. Durch nochmalige Destillation, bei der man nur das erste Drittheil auffängt, dessen specif. Gewicht nicht über 0,9 beträgt, erhält man den sogenannten **rectificirten Weingeist**. Destillirt man von diesem nochmals $\frac{1}{3}$ ab, dessen specif. Gewicht 0,833 nicht übersteigt, so erhält man **höchst rectificirten Weingeist**. Durch Wiederholung der Operation des Destillirens kann man endlich Weingeist von 0,825 specif. Gewicht, der noch 11 pCt. Wasser enthält, gewinnen. Zu größerer Reinheit kann man durch bloße Rectification den Alkohol nicht bringen, weil derselbe das Wasser sehr fest hält und weil Weingeist von 94 pCt. (94 Th. völlig reinen Weingeists auf 100 Th.) eben so flüchtig wie ganz wasserfreier Alkohol ist, ja sogar noch etwas eher siedet als Weingeist von 97 und 98 pCt. Der wasserfreie Weingeist siedet bei 60°,62 R. **Sömmering** machte die Beobachtung, daß wenn ein Gefäß, welches wasserhaltigen Weingeist hält, mit einer Rindsblase überbunden wird, die Rindsblase das Wasser durch sich hindurchdringen und verdunsten läßt, während sie den Alkohol zurückhält. Hiernach darf man nur eine Ochsen- oder Kalbsblase mit Weingeist füllen, gut zubinden und an einem warmen Orte (in einer Temperatur von etwa 40° R.) aufhängen, so wird man nach einiger Zeit (6 bis 12 Stunden) einen Weingeist von 97 oder 98 pCt. erhalten. Vor dem Gebrauch muß man die Blase einige Zeit in Wasser aufweichen, dann sie aufblasen und auf beiden Seiten von Fett und den anhangenden Gefäßen reinigen, sie aufgeblasen trocknen lassen, und endlich die äußere Seite zweimal, die innere viermal mit einer Auflösung von Hausenblase bestreichen. Beim Füllen läßt man einen kleinen Theil der Blase leer. Der völlig wasserfreie Weingeist, **absoluter Alkohol** genannt, hat bei 12° R. ein specif. Gewicht = 0,7947 oder bei 16° R. ein specif. Gewicht = 0,791. Um ihn zu gewinnen entzieht man dem Weingeist das Wasser durch Salze, die das Wasser begierig anziehen. Man schmilzt salzsauren Kalk (Chlorcalcium), zerstößt es gröblich, und thut es in einer zugestöpselten Flasche zu einem gleichen Gewicht höchst rectificirten Weingeist. Nachdem die Auflösung erfolgt und diese sich klar zeigt, gießt man sie in eine Retorte und destillirt das halbe Volumen des angewendeten Weingeistes ab.

Der absolute Alkohol zieht das Wasser begierig an, sogar aus der Luft, und muß daher in wohlverschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden. Man braucht ihn zur Aufbewahrung thierischer Theile um sie vor Fäulniß zu schützen, weil er ihnen die wässrigen Stoffe entzieht. Viele Stoffe, welche sich im Wasser nicht lösen, werden vom Alkohol aufgelöst, z. B. Harze, ätherische Oele u. A., und man benutzt ihn daher zur Herstellung von Weingeistfirnissen, Riechwasser u. dgl. Durch verschiedene Salze, die in ihm aufgelöst werden, wird seine Flamme gefärbt. (Vergl. d. Art. **Verbrennung** S. 740). Wenn man Weingeist und Wasser zusammenbringt, so erfolgt Erwärmung und Verminderung des Volumens des Gemisches, welche bei 53,9 und 54 pCt. Alkohol am bedeutendsten ist, und bei weiterem Zusatz von Wasser wieder abnimmt. Für Weingeist von 90 pCt. des Volumens ist die Zu-

sammenziehung 1,94 pCt. des Volumens; für 80 pCt. 2,87; für 70 pCt. 3,44; für 60 pCt. 3,73; für 40 pCt. 3,44; für 30 pCt. 2,72; für 20 pCt. 1,72; für 10 pCt. 0,72. Wenn man daher den Weingeistgehalt eines Weingeistes bestimmen will, so muß man das specif. Gewicht der verschiedenen Mischungen von Weingeist und Wasser kennen. Hat man eine Tabelle, welche die specif. Gewichte verschiedener Mischungen von Alkohol und Wasser angibt, so braucht man bei einer unbekannten Weingeistsorte nur mittels des Aräometers (s. d. Art. Specifisches Gewicht) das specif. Gewicht derselben zu bestimmen, und das gefundene Resultat in der Tabelle aufzusuchen und abzulesen, wie viel Procent Weingeist dieselbe enthält, und wieviel Wasser. Das specif. Gew. ändert sich aber mit der Temperatur, und man muß daher jenes, wenn man nicht bei jeder einzelnen Untersuchung lästige Rechnungen anbringen will, ein für allemal für die verschiedenen Mischungen bei verschiedenen Temperaturen kennen. Eine sehr genaue Arbeit hat in Berechnung solcher Angaben Gilpin auf Veranlassung der engl. Regierung angestellt, weil die Anwendung des Weingeistes so vielfach ist, und dabei auf den Gehalt desselben sehr viel ankommt. Nachstehende Tabelle enthält die erhaltenen Resultate. Zu Grunde gelegt ist der höchst rectificirte Weingeist von 0,825 specif. Gewicht, welcher der stärkste noch durch Destillation zu gewinnende Weingeist ist. Das Mischungsverhältniß ist nach dem Gewicht angegeben, d. h. es kommen z. B. auf 100 Gewichtstheile Weingeist 5 Gewichtstheile Wasser u. s. w.

Tafel der specifischen Gewichte verschiedener Mischungen

W = Wasser A = Alkohol	Temperatur					
	30°	35°	40°	45°	50°	55°
Reiner Alkohol.	0,83896	0,83672	0,83445	0,83214	0,82977	0,82736
100 A. geg. 5 W.	84995	84769	84539	84310	84076	83834
100 A. geg. 10 W.	85957	85729	85507	85277	85042	84802
100 A. geg. 15 W.	86825	86587	86361	86131	85902	85664
100 A. geg. 20 W.	87585	87357	87184	86905	86676	86441
100 A. geg. 25 W.	88282	88059	87838	87613	87384	87150
100 A. geg. 30 W.	88921	88701	88481	88255	88030	87796
100 A. geg. 35 W.	89511	89294	89073	88849	88626	88393
100 A. geg. 40 W.	90054	89839	89617	89396	89174	88945
100 A. geg. 45 W.	90558	90345	90127	89909	89684	89458
100 A. geg. 50 W.	91023	90811	90596	90380	90160	89933
100 A. geg. 55 W.	91449	91241	91026	90812	90596	90367
100 A. geg. 60 W.	91847	91640	91428	91211	90997	90768
100 A. geg. 65 W.	92217	92009	91799	91584	91370	91144
100 A. geg. 70 W.	92563	92355	92151	91937	91723	91502
100 A. geg. 75 W.	92889	92680	92476	92264	92051	91837
100 A. geg. 80 W.	93191	92986	92783	92570	92358	92145
100 A. geg. 85 W.	93474	93274	93072	92859	92647	92436
100 A. geg. 90 W.	93741	93541	93341	93131	92919	92707
100 A. geg. 95 W.	93991	93790	93592	93382	93177	92963
100 A. geg. 100 W.	94222	94025	93827	93621	93419	93208
100 W. geg. 95 A.	94447	94249	94058	93860	93658	93452
100 W. geg. 90 A.	94675	94484	94295	94096	93897	93696
100 W. geg. 85 A.	94920	94734	94547	94348	94149	93948
100 W. geg. 80 A.	95173	94988	94802	94605	94414	94213
100 W. geg. 75 A.	95429	95246	95060	94871	94683	94486
100 W. geg. 70 A.	95681	95502	95328	95143	94958	94767
100 W. geg. 65 A.	95944	95772	95602	95423	95243	95057
100 W. geg. 60 A.	96209	96048	95879	95703	95534	95357
100 W. geg. 55 A.	96470	96315	96159	95993	95831	95662
100 W. geg. 50 A.	96719	96579	96434	96280	96126	95966
100 W. geg. 45 A.	96967	96840	96706	96563	96420	96272
100 W. geg. 40 A.	97200	97086	96967	96840	96708	96575
100 W. geg. 35 A.	97418	97319	97220	97110	96995	96877
100 W. geg. 30 A.	97635	97556	97472	97384	97284	97181
100 W. geg. 25 A.	97860	97801	97737	97666	97589	97500
100 W. geg. 20 A.	98108	97076	98033	97980	97920	97847
100 W. geg. 15 A.	98412	98397	98373	98338	98293	98239
100 W. geg. 10 A.	98804	98804	98795	98774	98745	98702
100 W. geg. 5 A.	99334	99344	99345	99338	99316	99284

Tralles hat nach Gilpins Angaben eine andere Tabelle berechnet, in welcher der Procentgehalt dem Volumen, nicht dem Gewichte nach angegeben ist (weil der Weingeist wie alle Getränke gewöhnlich nach Maß, nicht nach Gewicht verkauft wird), und bei der wasserfreier Weingeist von 0,7939 specif. Gew. bei 60° F. gegen Wasser im Maximum der Dichte oder von 0,7946 specif. Gew. bei 60° F. gegen Wasser von

aus Alkohol und Wasser bei verschiedenen Temperaturen.

nach F.

60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°
0,82500	0,82262	0,82023	0,81780	0,81530	0,81291	0,81044	0,80794	0,80548
83599	83362	83124	82878	82631	82396	82150	81900	81657
84568	84334	84092	83851	83603	83371	83126	82877	82639
85430	85193	84951	84710	84467	84243	84001	83753	83513
86208	85976	85736	85496	85248	85036	84797	84550	84038
86918	86686	86451	86212	85966	85757	85518	85272	85031
87569	87337	87105	86864	86622	86411	86172	85928	85688
88169	87938	87705	87466	87228	87021	86787	86542	86302
88720	88490	88254	88018	87776	87590	87360	87114	86879
89232	89006	88773	88538	88301	88120	87889	87654	87421
89707	89479	89252	89018	88781	88609	88376	88146	87915
90144	89920	89695	89464	89225	89043	88817	88588	88357
90549	90328	90104	89872	89639	89460	89230	89003	88769
90927	90707	90484	90252	90021	89843	89617	89390	89158
91287	91066	90847	90617	90385	90209	89988	89763	89536
91622	91400	91181	90952	90723	90558	90342	90119	89889
91933	91715	91493	91270	91046	90882	90668	90443	90215
92225	92010	91793	91569	91340	91186	90967	90747	90522
92499	92283	92069	91849	91622	91465	91248	91029	90805
92758	92546	92333	92111	91891	91729	91511	91290	91066
93002	92794	92580	92364	92142	91969	91751	91531	91310
93247	93040	92828	92613	92393				
93493	93285	93076	92865	92646				
93749	93546	93337	93132	92917				
94018	93822	93616	93413	93201				
94296	94099	93898	93695	93488				
94579	94388	94193	93989	93785				
94876	94689	94500	94301	94102				
95181	95000	94813	94623	94431				
95493	95318	95139	94957	94768				
95804	95635	95469	95292	95111				
96122	95962	95802	95638	95467				
96437	96288	96143	95987	95826				
96752	96620	96484	96344	96192				
97074	96959	96836	96708	96568				
97410	97309	97203	97086	96963				
97771	97688	97596	97495	97385				
98176	98106	98028	97943	97845				
98654	98594	98527	98454	98367				
99244	99194	99134	99066	98991				

ebenfalls 60° F. zu Grunde gelegt ist. Hiernach enthält der von Gilpin zu Grunde gelegte Weingeist von 0,825 an wasserfreiem Weingeist 92,6 pCt. des Volumens. Nachfolgende Tafel enthält die den specif. Gew. der Mischung (wenn das des Wassers bei 60° F. = 9991 angenommen wird) entsprechenden Gehalte an wasserfreiem Weingeist in Procenten des Volumens bei der Normaltemperatur 60° F. (= 12°,44 R.)

100 Maße der Flüssigkeit enthalten Maße Alkohol.	Specifisches Gewicht bei 60° F.	Unterschiede der specif. Gewichte.	100 Maße der Flüssigkeit enthalten Maße Alkohol.	Specifisches Gewicht bei 60° F.	Unterschiede der specif. Gewichte.
0	9991		51	9315	20
1	9976	15	52	9295	20
2	9961	15	53	9275	20
3	9947	14	54	9254	21
4	9933	14	55	9234	20
5	9919	14	56	9213	21
6	9906	13	57	9192	21
7	9893	13	58	9170	22
8	9881	12	59	9148	22
9	9869	12	60	9126	22
10	9857	12	61	9104	22
11	9845	12	62	9082	22
12	9834	11	63	9059	23
13	9823	11	64	9036	23
14	9812	11	65	9013	23
15	9802	10	66	8989	24
16	9791	11	67	8965	24
17	9781	10	68	8941	24
18	9771	10	69	8917	24
19	9761	10	70	8892	25
20	9751	10	71	8867	25
21	9741	10	72	8842	25
22	9731	10	73	8817	25
23	9720	11	74	8791	26
24	9710	10	75	8765	26
25	9700	10	76	8739	26
26	9689	11	77	8712	27
27	9679	10	78	8685	27
28	9668	11	79	8658	27
29	9657	11	80	8631	27
30	9646	11	81	8603	28
31	9634	12	82	8575	28
32	9622	12	83	8547	28
33	9609	13	84	8518	29
34	9596	13	85	8488	30
35	9583	13	86	8458	30
36	9570	13	87	8428	30
37	9556	14	88	8397	31
38	9541	15	89	8365	32
39	9526	15	90	8332	33
40	9510	16	91	8299	33
41	9494	16	92	8265	34
42	9478	16	93	8230	35
43	9461	17	94	8194	36
44	9444	17	95	8157	37
45	9427	17	96	8118	39
46	9409	18	97	8077	41
47	9391	18	98	8034	43
48	9373	18	99	7988	46
49	9354	19	100	7939	49
50	9335	19			

Die dritte Columne dieser Tafel enthält die Unterschiede der specifischen Gewichte, welche für den Fall, als das gegebene specifische Gewicht nicht genau in der Tafel vorkommt, den Nenner des Bruches geben, dessen Zähler der Unterschied des gegebenen specifischen Gewichts von dem in der Tafel befindlichen nächst größeren ist. Z. B. das bei 60° F. gefundene specifische Gewicht der Flüssigkeit sei = 9605 (Procentengehalt zwischen 33 und 34); so ist die Differenz von 9609 (der in der Tafel nächst größeren Zahl) = 4, also der Bruch = $\frac{4}{11}$, oder der Procentengehalt gleich $33\frac{4}{11}$.

Aus den Angaben dieser Tafel läßt sich auch der Procentengehalt an Weingeist nach dem Gewichte finden. Man multiplicirt nämlich die Anzahl der Maße Weingeist, welche die Tafel für ein bestimmtes specifisches Gewicht der Mischung angibt, mit dem specifischen Gewichte des reinen Weingeistes, also mit 7939; so ist die herauskommende Zahl die Anzahl der Pfunde Weingeist in so viel Pfunden, als das specifische Gewicht mit 100 multiplicirt, angibt. Z. B. In der Mischung von 9510 specifischem Gewicht sind 40 Maße Alkohol enthalten: hiernach sind also in 951000 Pfunden dieses Weingeistes 7939 × 40 = 317560 Pfunde Alkohol; oder in 100 Pfunden des Weingeistes von 9510 specifischem Gewicht 33,39 Pfund Alkohol enthalten.

Da die vorhergehende Tafel den wahren Alkoholgehalt nur in dem Falle angibt, wenn die Flüssigkeit, von welcher die Probe gemacht wird, die Normaltemperatur von 60° F. hat; so gibt nachfolgende Tafel die Procentengehalte der Flüssigkeit bei dem für die beigesetzten Temperaturen gefundenen specifischen Gewichte.*)

Alkoholgehalt, Procent.	Temperatur.					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.
0	9994	9997	9997	9998	9997	9994
5	9924	9926	9926	9926	9925	9922
10	9868	9869	9868	9867	9865	9861
15	9823	9822	9820	9817	9813	9807
20	9786	9782	9777	9772	9766	9759
25	9753	9746	9738	9729	9720	9709
30	9717	9707	9695	9684	9672	9659
35	9671	9658	9644	9629	9614	9599
40	9615	9598	9581	9563	9546	9528
45	9544	9525	9506	9486	9467	9447
50	9460	9440	9420	9399	9378	9356
55	9368	9347	9325	9302	9279	9256
60	9267	9245	9222	9198	9174	9150

*) Nach Prechtl's Technologische Encyklopädie.

Alkoholgehalt, Procent.	Temperatur.					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.
65	9162	9138	9113	9088	9063	9038
70	9046	9021	8996	8970	8944	8917
75	8925	8899	8873	8847	8820	8792
80	8798	8771	8744	8716	8688	8659
85	8663	8635	8606	8577	8547	8517
90	8517	8486	8455	8425	8395	8363

Alkoholgehalt, Procent.	Temperatur.					
	60° F.	65° F.	70° F.	75° F.	80° F.	85° F.
0	9991	9987	9981	9976	9970	9962
5	9919	9915	9909	9903	9897	9889
10	9857	9852	9845	9839	9831	9823
15	9802	9796	9788	9779	9771	9761
20	9751	9743	9733	9722	9711	9700
25	9700	9690	9678	9665	9652	9638
30	9646	9632	9618	9603	9588	9572
35	9583	9566	9549	9532	9514	9495
40	9510	9491	9472	9452	9433	9412
45	9427	9406	9385	9364	9342	9320
50	9335	9313	9290	9267	9244	9221
55	9234	9211	9187	9163	9139	9114
60	9126	9102	9076	9051	9026	9000
65	9013	8988	8962	8936	8909	8882
70	8892	8866	8839	8812	8784	8756
75	8765	8738	8710	8681	8652	8622
80	8631	8602	8573	8544	8514	8483
85	8488	8458	8427	8396	8365	8333
90	8332	8300	8268	8236	8204	8171

Hat man also eine weingeistige Flüssigkeit bei der Temperatur von 80° F. oder $21\frac{1}{3}$° R. untersucht, und ihr specifisches Gewicht 0,9342 gefunden, so ist der Alkoholgehalt 45 Procent des Volumens, oder jenes specifische Gewicht bei jener Temperatur ist gleich dem specifischen Gewichte 0,9427 bei der Normaltemperatur von 60° F. Zur Ersparung der Rechnung für die Intervalle kann diese Tafel noch auf jeden Grad des Thermometers und jedes Procent ausgedehnt werden. Man sieht aus derselben, daß ein Unterschied von 5° F. (2°,22 R.) in der Temperatur durch die Aenderung des specifischen Gewichts der Flüssigkeit beiläufig einem Unterschiede von einem Volumenprocent Alkohol entspricht, so daß also bei 35° F. (1°,33 R.) und bei 85° F. (23°,56 R.) ein und dasselbe specifische Gewicht der Flüssigkeit 10 Volumprocente Alkohol mehr oder weniger anzeigt.

Es versteht sich von selbst, daß die angegebenen Bestimmungen nur für solche Mischungen gelten, in denen kein anderer Stoff als reiner Weingeist und reines Wasser enthalten sind. Es sind sehr häufig andere Stoffe beigemengt, welche auf das specifische Gewicht von Einfluß sind. Doch sind diese Stoffe bei den im Handel vom gemeinen Branntwein an vorkommenden Weingeistsorten nicht von der Art und in solcher Menge vorhanden, daß sie eine bedeutende Aenderung des specif. Gewichtes veranlassen.

Zur Bestimmung des specif. Gewichtes eines gegebenen Weingeistes kann man sich jedes Aräometers bedienen, welches für Flüssigkeiten leichter als Wasser graduirt ist. Vergl. d. Art. *Specifisches Gewicht*. Man hat eigene für Weingeist eingerichtete Procentaräometer, welche den Namen der *Alkoholometer* oder *Branntweinwagen* führen, und deren Scalen so getheilt sind, daß sie unmittelbar die Procente des wässrigen Weingeistes nach Gewicht oder Volumen geben. Um die Scale des Alkoholometers nach Procenten des Volumens für die Temperatur 60° F. (= 12°,44 R.) einzutheilen bedient man sich folgender von *Tralles* berechneter Tabelle.

Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingesenkten Theils der Röhre.	Abstand zwischen jedem Procentgrad.	Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingesenkten Theils der Röhre.	Abstand zwischen jedem Procentgrad.
0	9		29	355	11
1	24	15	30	367	12
2	39	15	31	380	13
3	54	15	32	393	13
4	68	14	33	407	14
5	82	14	34	421	14
6	95	13	35	434	14
7	108	13	36	449	15
8	121	13	37	465	16
9	133	12	38	481	16
10	145	12	39	498	17
11	157	12	40	515	17
12	169	12	41	533	18
13	180	11	42	551	18
14	191	11	43	569	18
15	202	11	44	588	19
16	213	11	45	608	20
17	224	11	46	628	20
18	235	11	47	648	20
19	245	10	48	669	21
20	255	10	49	690	21
21	266	11	50	712	22
22	277	11	51	735	23
23	288	11	52	758	23
24	299	11	53	782	24
25	310	11	54	806	24
26	321	11	55	830	24
27	332	11	56	854	24
28	344	12	57	879	25

Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingesenkten Theils der Röhre.	Abstand zwischen jedem Procentgrad.	Alkohol in Procenten des Volumens.	Länge des eingesenkten Theils der Röhre.	Abstand zwischen jedem Procentgrad.
58	905	26	80	1587	37
59	931	26	81	1624	37
60	957	26	82	1662	38
61	984	27	83	1701	39
62	1011	27	84	1740	39
63	1039	28	85	1781	41
64	1067	28	86	1823	42
65	1096	29	87	1866	43
66	1125	29	88	1910	44
67	1154	29	89	1955	45
68	1184	30	90	2002	47
69	1215	31	91	2050	48
70	1246	31	92	2099	49
71	1278	32	93	2150	51
72	1310	32	94	2203	53
73	1342	32	95	2259	56
74	1375	33	96	2318	59
75	1409	34	97	2380	62
76	1443	34	98	2447	67
77	1478	35	99	2519	72
78	1514	36	100	2597	78
79	1550	36			

Um nach dieser Tafel ein Alkoholometer zu graduiren, senkt man dasselbe (nach Prechtl) zuerst in reinem Wasser ein, und dann in Weingeist von einem bestimmten Procentgehalt (welchen man vorher mittels des durch eine genaue hydrostatische Wage bei 60° F. gefundenen spec. Gewichtes aus der Tafel (S. 914) entnommen hat), z. B. von 50 Procent, beide von der Temperatur 60° F., und bemerkt an der Röhre die beiden Punkte, bis zu welchen das Instrument in diesen Flüssigkeiten einsinkt. Nun zeigt die Tabelle an, daß den 50 Procenten die Länge des eingesenkten Theils der Röhre von 712, oder von 712 — 9 = 703 zugehört, wenn von dem Punkte des Wassers an gezählt wird. Theilt man also die Länge zwischen diesen beiden bestimmten Punkten in 703 Theile, und trägt nun nach der dritten Kolumne der Tafel noch weiter aufwärts 23 solcher Theile für den 51. Procentpunkt, dann 23 Theile für 52, u. s. w. und eben so auch 9 solcher Theile noch unter 0, oder dem Punkt des reinen Wassers, so zeigen dann die in der zweiten Kolumne angegebenen Zahlen den relativen Abstand von diesem äußersten abgestochenen Punkte bis zu jedem Procentgrade an, welchen man nun nach der ersten Kolumne der Tafel neben dem zugehörigen Theilungsstrich auf die Scale setzt. Soll die Scale nur für Procente in einem gewissen Umfang, z. B. von 30 bis 80 Procent Alkohol, reichen, so wird das Aräometer so eingerichtet, daß es in dem 30 procentigen Weingeist bis etwas über der Kugel einsinkt; man

bestimmt sowohl diesen Punkt als jenen, bis zu welchem es in dem 80 procentigen Weingeist einsinkt, und theilt dann diese Länge in 1587—367 = 1220 Theile, setzt von dem unteren Punkte an, auf den 380—367 = 13. Theil den 31. Procentgrad und so 13 Theile weiter den 32., u. s. f., nach den Angaben der dritten Kolumne der Tafel. Es wird hierbei vorausgesetzt, daß der Hals des Aräometers durchgehends von gleichem Kaliber sei. Man muß daher bei der Auswahl der Glasröhren diese Bedingung möglichst nahe zu erreichen suchen. Variationen von etwa $\frac{1}{20}$ des Durchmessers haben keinen Einfluß mehr. Um auf jeden Fall sicher zu sein, senkt man das noch einzutheilende Aräometer in mehrere Flüssigkeiten von größerem oder minderem Alkoholgehalt, der zuvor mittels des specif. Gewichts durch eine genaue hydrostatische Wage bei 60° F. gefunden worden ist, und theilt nun die verschiedenen Zwischenräume nach Maßgabe der Tafel in die ihnen zukommende Zahl von Theilen ein. Z. B. Man habe mittels dreier Probeflüssigkeiten auf dem Halse die Procentpunkte 73, 51 und 27 bemerkt, welchen nach der Tafel die Theilungs-Zahlen 1342, 735 und 332 zukommen. Wenn sich also zwischen den Punkten 73 und 51 genau 607 solcher Theile eintragen lassen, als deren 403 zwischen den Punkten 51 und 27 Platz haben; so ist die Röhre oder der Hals von richtigem Kaliber. Ist dieses nicht der Fall, so muß der zweite Zwischenraum von 51 bis 73 für sich in 607 gleiche Theile getheilt werden, bei welchen man nun, wie vorher, nach den in der Kolumne 3 der Tafel angegebenen Abständen, die zugehörigen Procente als 28, 29 rc., und über 51 weiter 52, 53 rc., ansetzt. Je unregelmäßiger der Hals ist, desto mehr solche Zwischenräume müssen mittels der durch besondere Versuche zu bestimmenden Procentpunkte gemacht werden.

Dieses Procenten-Alkoholometer gibt nur genaue Bestimmungen für die Temperatur von 60° F. (12°,44 R.); für andere Temperaturen ist es nothwendig, den entsprechenden wahren Procentengehalt, welcher dem untersuchten Weingeiste bei der Normaltemperatur zukommt, in der Tafel (S. 915) aufzusuchen, indem man denjenigen Procentengehalt nimmt, welcher bei der beobachteten Temperatur dem nämlichen specif. Gewichte entspricht, wie der beobachtete bei 60° F. Z. B. bei 80° F. zeigte das Alkoholometer 50 Procent, welchem Gehalt bei 60° F. das specif. Gewicht 0,9335 zugehört; dieses specif. Gewicht steht für 80° F. in einer nächsten Zahl in der Tafel dem Procentengehalt 45 gegenüber, daher der wahre Gehalt bei 60° F. 45 Procent, mit Weglassung des Bruches, beträgt.

Zur Erleichterung des Aufsuchens dieser Correction dient folgende von Tralles mitgetheilte Tafel, welche unmittelbar den wahren Procentengehalt im Volumen angibt, nach den bei anderen Temperaturen von einem gläsernen Alkoholometer angegebenen Procentengehalten.

Wahrer Alkoholgehalt bei 60° F.	Angabe des Aräometers bei den Temperaturen					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.
0	—0,2	—0,4	—0,4	—0,5	—0,4	—0,2
5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8
10	9,1	9,0	9,1	9,2	9,3	9,7
15	13,0	13,1	13,3	13,6	14,1	14,5
20	16,5	16,9	17,4	17,9	18,5	19,2
25	19,8	20,5	21,3	22,2	23,0	24,1
30	23,3	24,3	25,5	26,5	27,6	28,8
35	27,7	28,9	30,2	31,4	32,6	33,8
40	32,5	33,8	35,1	36,5	37,7	38,9
45	37,8	39,1	40,3	41,5	42,7	43,8
50	43,1	44,2	45,4	46,6	47,7	48,9
55	48,3	49,4	50,5	51,6	52,8	53,9
60	53,4	54,5	55,6	56,7	57,8	58,9
65	58,4	59,5	60,6	61,7	62,8	63,9
70	63,5	64,6	65,7	66,8	67,9	69,0
75	68,6	69,7	70,7	71,8	72,9	74,0
80	73,7	74,8	75,8	76,9	78,0	79,0
85	78,8	79,8	80,9	81,9	83,0	84,0
90	84,0	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1

Wahrer Alkoholgehalt bei 60° F.	Angabe des Aräometers bei den Temperaturen				
	65° F.	70° F.	75° F.	80° F.	85° F.
0	0,2	0,6	1,0	1,4	1,9
5	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3
10	10,4	11,0	11,6	12,3	13,0
15	15,6	16,3	17,1	18,0	19,0
20	20,8	21,8	22,9	23,9	25,0
25	25,9	27,1	28,3	29,5	30,7
30	31,2	32,3	33,5	34,6	35,9
35	36,3	37,5	38,6	39,7	40,9
40	41,2	42,4	43,5	44,6	45,8
45	46,2	47,3	48,5	49,6	50,8
50	51,1	52,2	53,4	54,5	55,6
55	56,1	57,2	58,3	59,4	60,5
60	61,1	62,2	63,3	64,4	65,5
65	66,0	67,1	68,2	69,3	70,4
70	71,0	72,1	73,2	74,3	75,4
75	76,0	77,1	78,2	79,2	80,3
80	81,0	82,1	83,1	84,1	85,2
85	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0
90	91,0	91,9	92,8	93,7	94,6

Anmerkung. Das in der obersten Reihe vor den Zahlen stehende Zeichen — bedeutet, daß hier das Aräometer unter 0 steht.

Alle Flüssigkeiten, welche Weingeist enthalten, heißen Weine. Sie sind ein Erzeugniß der geistigen Gährung, welche eintritt, sobald zucker- oder stärkmehlhaltige organische Substanzen in Verbindung mit Wasser und einer stickstoffhaltigen organischen Substanz (Ferment) einer angemessenen Temperatur (8 bis 20° R.) ausgesetzt sind.*) Die Weine erhalten je nach den Substanzen, aus denen sie genommen, verschiedene Namen (Weine im engen Wortsinn, Bier, Cyder, Meth u. s. w.). Auch der aus den Weinen durch Destillation (s. oben) gewonnene einfache Weingeist erhält verschiedene Namen. Aus Traubenwein erhält man Weingeist, Franzbranntwein, Cognac u. s. w.; aus Malz, Kartoffeln u. dgl. Branntwein; aus Zuckersyrup Rum, Taffia; aus Palmwein (Toddy), der aus den Blumenkolben der Kokospalme erhalten wird, für sich oder in Verbindung mit Reis und Zuckersyrup Arak, Rak. Aller einfacher Weingeist hat einen eigenthümlichen Beigeruch und Beigeschmack, der von den ätherischen Theilen der zu Grunde liegenden Stoffe herrührt, und welcher bei den edlern Weingeisttheilen angenehm, aber bei dem Getreide- und Kartoffelbranntwein höchst unangenehm ist. Von diesem Fusel wird der Branntwein befreit, indem man ihn mit frischgeglühter Kohle digerirt und abzieht.

Der Weingeist ist eine sehr leicht bewegliche wasserhelle Flüssigkeit, welche unter gewöhnlichem Luftdruck wie schon bemerkt wurde, bei 61 bis 62° R. siedet. In der Kälte wird der Weingeist nicht fest, doch will ihn Hutton nach einer geheim gehaltenen Methode bei — 63° R. zum Gefrieren gebracht haben. Er bricht ferner das Licht stark, ist eine Nichtleiter der Elektricität, riecht angenehm geistig und schmeckt stark geistig brennend. Er wirkt berauschend und kann im reinsten Zustande innerlich genommen als Gift, sogar tödtlich wirken. Er ist sehr entzündlich, und reagirt weder sauer noch alkalisch. Der Weingeist absorbirt wie das Wasser die meisten Gase, zum Theil in größern Quantitäten als jenes; löst viele Salze auf, und geht (der absolute Alkohol) mit mehren derselben feste krystallisirbare Verbindungen nach stöchiometrischen Verhältnissen ein (ähnlich wie Wasser als Hydrat oder Krystallisationswasser), und bildet so Alkoholate. Die organischen Säuren, Aetherarten, ätherischen Oele, Harze u. v. a. Stoffe sind in Weingeist leicht löslich, worauf ein Theil seiner vielfachen Anwendung beruht.

---

*) Die Weine werden im Großen durch geistige Gährung aus den Säften der Trauben, süßen Obstarten, Getreidekörnern, mehligen Wurzeln (Kartoffeln) u. s. w. gewonnen. — Werden verdünnte zuckerige Säfte in Verbindung mit einer stickstoffhaltigen organischen Substanz, in den Säften gelöstem Kleber, oder Hefe, einer Temperatur von 8 bis 20° R. ausgesetzt, wobei nur anfangs Luftzutritt nöthig ist, so verändern sie sich bald, der Zucker wird zerlegt in Kohlensäure, welche mit zischendem Geräusch unter Aufbrausen entweicht, und Weingeist. Hierbei erhöht sich die Temperatur, die Flüssigkeit wird trübe und es scheidet sich Hefe aus. Diese Erscheinungen dauern unter günstigen Umständen bei gehörigen Mengenverhältnissen von Zucker, Kleber u. s. w. und Wasser so lange fort, bis aller Zucker zerlegt ist; die Hefe lagert sich ab, die Flüssigkeit wird klar und hat allen süßen Geschmack verloren, dagegen einen geistigen Geruch und Geschmack angenommen.

Wendekreise heißen die zwei Parallelkreise des Aequators, welche zu beiden Seiten des Aequators von diesem um die Größe der Schiefe der Ekliptik (s. d. Art.) d. h. um 23°28′ entfernt sind. Der auf der nördlichen Halbkugel liegende heißt der Wendekreis des Krebses, der andere auf der südlichen Halbkugel der Wendekreis des Steinbocks. Dieselben werden sowohl an der Himmelskugel als auf der Erdkugel unterschieden und schließen auf dieser die heiße Zone (s. d. Art. Erde S. 269) ein. Die Sonne geht auf ihrem scheinbaren jährlichen Laufe bis zu beiden Wendekreisen und kehrt von ihnen wieder nach dem Aequator zurück (daher ihr Name) und zwar haben wir Sommers Anfang, den längsten Tag, wenn die Sonne im Wendekreise des Krebses steht, Winters Anfang, den kürzesten Tag, wenn dieselbe im Wendekreise des Steinbocks sich befindet. Für die Bewohner der südlichen gemäßigten Zone findet das Gegentheil statt. Die Wendepunkte oder Solstitien sind diejenigen Punkte der Ekliptik, welche am weitesten vom Aequator entfernt sind, oder diejenigen Punkte der schief gegen den Aequator geneigten Ekliptik, durch welche mit dem Aequator parallel die Wendekreise gezogen sind. Die Sommerwende ist der höchste dieser beiden Punkte, welchen die Sonne an dem angegebenen Tage nämlich gegen den 21. Juni erreicht, während sie zu dem andern der Winterwende am 22. December gelangt.

Wetter, Witterung ist die Gesammtheit aller zu einer gewissen Zeit in der Atmosphäre auftretenden Erscheinungen; vorzugsweise werden Wetter die Gewitter, d. h. die Erscheinungen von Blitz und Donner genannt. Die Unterscheidung in gutes oder schönes und schlechtes Wetter, gute und schlechte Witterung, bezieht sich nur auf das Wohlbefinden des Menschen bei einem gewissen Zustand der Atmosphäre, so daß man gutes Wetter denjenigen Zustand der Atmosphäre nennt, wo die Luft rein und heiter, daher auch hell ist und außerordentliche Erscheinungen gar nicht auftreten. Für den Meteorologen hat darum das gute Wetter grade das geringste Intresse, und überdieß wäre ein anhaltend schönes Wetter in dem angegebenen Sinne weder für den Menschen noch für die Natur förderlich, indem namentlich Regen und Gewitter zum Gedeihen alles Natürlichen höchst nothwendig sind. Obschon man von vielen atmosphärischen Naturerscheinungen die Gründe erforscht hat, so ist man doch noch keinesweges dahin gelangt, eine solche Gesetzmäßigkeit unter ihnen selbst, eine Regelmäßigkeit in ihrer Aufeinanderfolge entdeckt zu haben, wie man sie z. B. in den Erscheinungen des Weltraumes (auf dem Gebiete der Astronomie) aufgefunden hat. Man hat die Witterung nicht mit geringerem Fleiße beobachtet als die Gestirne und doch bis jetzt noch so wenig auch nur eine Spur von Regelmäßigkeit in derselben wahrgenommen, daß man sich veranlaßt fühlen könnte anzunehmen, die Natur sei allein in dieser Beziehung nicht gesetzmäßig. Es leidet indeß keinen Zweifel, daß, da wir bei allen einzelnen Meteoren einen bestimmten Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung erkennen, auch ein solcher in der Gesammtheit aller Meteore Statt finden müsse. Die Erscheinungen in der Atmosphäre sind

nur, weil sie uns so nahe liegen, zu unendlich mannigfaltich und vielfach modificirt, als daß wir zu einem ruhigen Ueberblick über dieselben zu kommen vermögen. Wären unsere Sinne so scharf und so großartig ausgebildet, daß wir nicht bloß die großartigsten, sondern auch die unzähligen kleinern von uns jetzt nicht einmal geahnten Vorgänge im Weltraume (die es gewiß gibt) zu erblicken vermöchten, so würde unser Verstand wahrscheinlich durch die Menge des Gesehenen so verwirrt werden, daß wir wahrscheinlich auch nicht zu derjenigen astronomischen Erkenntniß gelangt sein würden, die wir gegenwärtig besitzen. Man hat sich indeß bemüht, wenigstens zu einiger Kenntniß über die zu erwartende Witterung zu gelangen, und in dieser Beziehung auf allerlei Anzeichen Rücksicht genommen. So wenig wissenschaftlich die meisten dieser Anzeichen auch sind, so haben sie doch ein großes Interesse, da sie das einzige sind, was wir in Beziehung auf Vorausbestimmung des Wetters kennen. Günther hat dieselben wie folgt, zusammengestellt. Nach Baco deutet ein heitrer Herbst auf einen ungestümen, windigen Winter; ein windiger Winter auf einen regnerischen Frühling; ein regnerischer Frühling auf einen heitern Sommer, und ein heitrer Sommer auf einen ungestümen, windigen Herbst. Nach eben diesem bedeutet ein feuchter und kühler Sommer einen harten Winter; ein heißer und trockner Sommer, besonders wenn sich die warme und trockene Witterung weit in den September hinein erstreckt, läßt einen gelinden Anfang des Winters erwarten, aber es erfolgt gern Kälte gegen das Ende und im Anfange des Frühlings; ein gelinder und warmer Winter ist der Vorbote eines heißen und trockenen Sommers, besonders, wenn es im Winter viel regnet. Viel Schnee und Frost in den Monaten Oktober und November läßt im Januar und Februar gelinde Witterung vermuthen. Ist es gegen das Ende des Octobers und Anfang Novembers größtentheils warm und regnerisch, so sind der Januar und Februar ungemein frostig und kalt, es wäre denn zuvor ein sehr trockener Sommer gewesen. Herrscht in den letzten 18 Tagen des Februars und in den ersten 10 Tagen des März eine regnerische Witterung, so ist diese auch im Frühlings- und Sommertrimester zu befürchten. Ereignen sich im Frühjahre Ueberschwemmungen und tritt das Grundwasser häufig hervor, so darf man im folgenden Sommer große Hitze und eine Menge Ungeziefer erwarten.

Der Engländer Dr. Kirwan hat aus langjährigen Beobachtungen neulichst versucht, Regeln der Wahrscheinlichkeit für die Vorausbestimmung der Witterung in den verschiedenen Jahreszeiten festzustellen. Zufolge der Beobachtungstabellen, die man in England von dem Jahre 1677 bis 1789 gemacht hat, fand er: 1) daß, wenn vor oder gleich nach dem Frühlings-Aequinoctium kein Gewitter entsteht, der Sommer alsdann ungemein trockene Witterung hat; unter 6 Mal trifft dieses wenigstens 5 Mal ein. 2) Kommt ein Gewitter von Osten am 19. 20. oder 21. Mai, so herrscht im folgenden Sommer unter 5 sicher 4 Mal ebenfalls trockene Witterung. 3) Ebenso folgt in demselben Verhältnisse, daß unter 5 wenigstens 4 Sommer trocken sind, wenn im Maimonate am 26. 27. oder 29. ein Gewitter erscheint. 4) Kommt vom 12. bis

22. März ein Gewitter von Westen her, so gibt es insgemein unter 6 Sommern 5, deren vorherrschende Witterung feucht ist. Man sieht aber leicht die Ungewißheit dieser Voraussetzungen, da der Zusammenhang zwischen diesen Gestaltungen der zukünftigen Witterung und den darauf hindeutenden Vorerscheinungen nicht wohl einzusehen ist. Als allgemeine aus einer langjährigen Erfahrung abgezogene Grundsätze dürften in dieser Hinsicht wohl folgende von mehrer Zuverlässigkeit sein: 1) Auf einen feuchten Herbst und einen milden Winter folgt gemeiniglich ein kaltes und trockenes Frühjahr. 2) Auf einen nassen Sommer hat man einen strengen Winter zu erwarten, und da feuchte Sommer eine große Fruchtbarkeit des Weißdorns, Fuchsschwanzes und mehrer anderer Pflanzen zur Folge haben, so hat man aus der Fruchtbarkeit derselben auf einen strengen Winter, als Vorzeichen, geschlossen. 3) Erscheinen die Kraniche und andere Zugvögel frühzeitig im Herbste zum Abzuge, so ist dieß ein Vorzeichen eines frühen und strengen Winters; kommen sie frühe im Frühlinge an, so ist baldiges Frühlingswetter zu erwarten. 4) Singt die Grasmücke eher, als der Weinstock anschlägt, so zeigt solches einen angenehmen und warmen Sommer an. 5) Zeigen sich die Meisen im Herbste frühe in den Gärten oder in den Städten, so erfolgt ein früher und kalter Winter. 6) Läßt sich der Guckuk schon im März hören, klappern die Störche alsdann viel, und sieht man häufig wilde Enten, so ist ein schöner Frühling und warmer Sommer zu erwarten. 7) Sind die Krametsvögel und Lerchen fett, so folgt gewöhnlich ein harter Winter. 8) Wenn die Wespen sich bald gegen den anfangenden Herbst in die Erde verkriechen, so deutet solches auf einen nahen Winter. 9) Regnet es im Mai häufig, so wird es zwar im September, aber nicht sehr viel, regnen, und umgekehrt. 10) Ein regnerischer Winter kündigt ein schlechtes Frühjahr, ein strenger Herbst einen stürmischen Winter an. Einen höheren Grad von Gewißheit, als die hier überhaupt angegebenen Vorzeichen einer erst lange nachher eintretenden Witterung, haben indeß solche, welche auf eine mehr oder weniger nahe bevorstehende Veränderung derselben hindeuten.

Regen und stürmische Witterung steht zu erwarten, wenn die Hühneraugen an den Zehen mehr als gewöhnlich schmerzen und eine brennende Empfindung verursachen, wenn alte geheilte Wunden, Knochenbrüche ꝛc. wieder zu schmerzen anfangen, wenn gichtische und rheumatische Beschwerden an Heftigkeit zunehmen, wenn die Hände sehr trocken und glatt werden, daß alles, was man anfaßt, gleichsam aus denselben glitscht; wenn die Schafe und Widder ganz ungewöhnlich springen, sich unter einander stoßen, die Kühe und Rinder Abends mit ungewöhnlichem Geblöcke von der Weide in ihre Ställe laufen, die Zugochsen bei ihrer Arbeit die Köpfe in die Höhe richten und nach Luft schnappen, sich oft belecken, die Schweine laufen und springen, wenn sie Gras, Heu, Stroh oder sonst etwas beisammen liegen finden, solches mit Wuth aus einander reißen und zerstreuen, die Esel die Ohren schütteln, mehr als gewöhnlich schreien, sich an Bäumen, Wänden ꝛc. reiben, die Hunde launisch werden, nicht fressen wollen und die Erde scharren, die Katzen sich mit den Pfoten an die Ohren und das Gesicht

streichen, sich belecken und putzen, die Hirsche unter sich kämpfen und sich stoßen, die Wölfe und Füchse heulen; wenn die Wasservögel, z. B. der Seerabe, die Möve rc. das Meer verlassen und an's Land kommen, die Landvögel, namentlich die Gänse, Enten rc. in's Wasser gehen, darin große Bewegung machen und laut schreien, wenn Raben und Krähen sich in Haufen sammeln und hierauf plötzlich verschwinden, Aelstern und Krähen in Schwärmen zusammen kommen und großes Geschrei machen; wenn Reiher und Falken niedrig fliegen, und die Schwalben dicht über die Wasserfläche hin streichen; wenn zahmes Geflügel sich im Sande wälzt und seine Flügel schüttelt, der Hahn früh und Abends kräht und die Flügel schlägt, die Lerchen und Sperlinge frühe Morgens singen und zwitschern, die Tauben schnell und häufig nach ihren Nestern fliegen, sich darin verbergen, die Turteltauben oft und stark girren, die Pfauen viel und besonders Nachts stark schreien; wenn die Fische über das Wasser in die Höhe springen, die Krebse aus ihren Löchern kommend am Ufer und im Wasser im Sande hin- und her kriechen, die Frösche heftiger als gewöhnlich quaken, die Seehunde und Delphine bei stillem Wetter sich auf und nieder werfen; wenn die Bienen im Sommer nicht weit ausfliegen oder gar in ihren Stöcken bleiben, die Regenwürmer häufig aus der Erde kommen, die Spinnen aus ihrem Gewebe fallen, die Fliegen auf eine mehr als gewöhnliche Art unruhig und beschwerlich werden, die Ameisen sich ebenso, wie die Bienen, schnell in ihre Wohnungen begeben, die Mücken mehr als gewöhnlich singen, Ratten und Mäuse sehr unruhig werden, und die Maulwürfe größere Haufen als gewöhnlich aufwerfen.

Schöne und heitere Witterung darf man erwarten, wenn die Hühner Abends (Nachmittags) frühe auffliegen, wenn die wilden Gänse, Störche und Kraniche in Ordnung und gleichem Fluge still fortziehen, die Nachteulen Abends ohne Geschrei auffliegen, sich die Raubvögel jagen und mit einander spielen, die Raben und Krähen sehr frühe und laut schreien und sich munter und fröhlich zeigen, die Singvögel viel und stark singen, die Lerchen hoch in der Luft fliegen, die Geier sich sehr in die Höhe schwingen, der Johanniswurm in der Nacht sehr glänzt, die Bienen weit von ihren Stöcken wegfliegen und spät zurückkommen, die Mücken gegen Sonnenuntergang in der freien Luft spielen, am Morgen Hornissen und Wespen in großer Anzahl erscheinen, und die Spinnen *) in der Luft, oder auf dem Grase, oder an den Bäumen

---

*) Ueber die Spinnen, als Witterungsvorzeichen, verdienen vorzüglich die Beobachtungen des holländischen Generals Quatremère D'Jsjonval beachtet zu werden, der im Jahre 1787 verhaftet wurde und während einer $8\frac{1}{2}$ jährigen Gefangenschaft sich mit diesen Thieren befreundete, und sie in dieser Hinsicht sehr genau beobachtete. — Die von ihm gemachten Beobachtungen wurden späterhin auch durch die des Herrn von Deynhausen bestätigt mit der Bemerkung, daß zur erwünschten Empfindlichkeit der Spinnen für Witterungsveränderungen es eine Hauptsache sei, die Spinnen fasten und ihnen nicht merken zu lassen, daß man sie beobachte. Je weiter

weben. Verbergen sich die Hühner während eines Regens und suchen ein Obdach, so hält derselbe nicht lange an; Gegentheils aber dauert derselbe länger fort. Vorzüglich bedient man sich aber auch des Blutegels als eines Barometers, und empfiehlt dazu folgendes Verfahren: Man bringt einige derselben in ein 8 Unzenglas (16 Loth Wasser haltendes Glas), und füllt solches ⅔ hoch mit Quellwasser, wobei man den Boden desselben zugleich mit weißem Sande oder Moor bedeckt. Da die Blutegel nur durch Ausschwitzen ausleeren, und die dabei von ihnen gehende Materie ihren Körper wie eine Haut umgibt, so würde dieselbe bald die Hautporen verstopfen, und so für das Thier tödtlich werden, wenn man nicht Sand beigegeben hätte, an welchem es diese Hülle abreiben kann, die, auf diese Art abgelöst, im Wasser herumschwimmt, das alle Wochen erneuert werden muß, und nicht viel kälter sein darf, als die innere Fläche der Flasche ist; bei 10—12° R. scheinen sich diese Thiere am besten zu befinden. Liegen sie am Boden des Glases still, ausgestreckt oder gewunden, so zeigt dieses im Sommer helles und schönes Wetter an, im Winter hingegen trockene Kälte; sind sie unruhig, so deutet solches auf Wind. Zieht sich der Blutegel nach oben, so entsteht Regen, oder im Winter Schnee; ist er in starker Bewegung und setzt sich außerhalb des Wassers an's Glas, so deutet dies auf ungestüme Witterung, oder es ist ein Gewitter im Anzuge. Auch des Laubfrosches bedient man sich zu eben dieser Absicht. Man setzt ihn am besten in recht große und geräumige Gläser, füllt sie beinahe bis zur Hälfte mit Wasser und stellt eine kleine Leiter oder einen Stuhl darein, der aber über dem Wasser hervorragen muß, und verdeckt sodann das Glas. In dem Deckel desselben müssen mehre kleine Oeffnungen sein, damit die freie Luft auf den Frosch wirken kann. Je reiner und heiterer, folglich je elastischer die Luft ist, desto behaglicher fühlt sich das Thier, und sitzt ruhig auf seiner Bank, oder klebt am Glase; sobald aber die Luft an ihrer Elasticität verliert, so wird er unruhig, gibt seine Aengstlichkeit durch langes Schreien zu erkennen, und nimmt zuletzt seine Zuflucht dahin, wo er sich gegen die Gefahr geschützt sieht, — er springt in's Wasser. Bei lange anhaltendem Regen bleibt er beständig in demselben, streckt ängstlich seine Füße aus und scheint convulsivische Zufälle zu bekommen. Nur der Reiz einer in das Glas gelassenen Fliege kann ihn bewegen, auf einige Augenblicke in die Höhe zu steigen. Unter den Fischen dienen als Wetteranzeiger namentlich das

---

alsdann die Spinne vorne in ihrem Neste sitzt, und je weiter sie ihre Vorderbeine hervorstreckt, um so länger kann man auf gutes Wetter rechnen; je weiter sie sich aber mit umgekehrtem Leibe hinten in's Loch verkriecht, desto anhaltender schlechte Witterung steht zu erwarten. Die großen oder alten Spinnen sollen das Wetter weit genauer anzeigen, als die jungen. Wegen eintretender Zufälligkeiten aber ist es räthlich, mehre zu beobachten. Wenn man um 10 Uhr (Morgens) die Spinne im Mittelpunkte ihres Netzes antrifft, und sie dasselbe mit ihren Füßen rüttelt, so ist einer der schönsten Tage zu erwarten.

chinesische Goldfischchen (Cyprinus auratus) und der Schlammbeißer (Cobitis fossilis). Man setzt sie in eine mit Fluß- oder Regenwasser versehene bauchichte Flasche, welche zugleich ein wenig Sand oder fette Erde enthält. In diesem Behältnisse wird der Fisch 24 Stunden vor dem Eintritte eines Sturms oder Gewitters unruhig, trübt das Wasser und steigt in demselben auf und ab, da er hingegen bei stiller Witterung ruhig auf dem Boden liegt. Man kann einen solchen Fisch Jahre lang im Zimmer erhalten, wenn man ihn nur im Sommer zwei Mal und im Winter ein Mal in der Woche mit frischem Wasser und Sande versieht; im Winter muß ihm ein geheiztes Zimmer, und zwar eine Stelle nahe am Fenster, angewiesen werden.

Daß verschiedene Pflanzen die Witterung sowohl einzelner Tage, als auch der Jahreszeiten überhaupt zum voraus anzeigen, bestätigen die Beobachtungen älterer und neuerer Botaniker. So schließen z. B. die Ackerwinde (Convolvulus arvensis), das Gauchheil (Anagallis arvensis), das Vogelkraut (Alsine media), die Ringelblume, der Klee ꝛc. ihre Blätter und Blumen, wenn ein Regen sich nähert. Bleiben die Blüthen der sibirischen Saudistel (Sonchus sibiricus) die ganze Nacht über offen, so kann man den folgenden Tag auf Regen rechnen. Lord Baco bemerkt, daß der Klee seinen Stengel mehr aufrichtet, wenn es regnen will. Eben dieser erwähnt einer kleinen rothen, auf Stoppelfeldern wachsenden Blume, welche die Landleute in England Wincopipe nennen, die, wenn sie des Morgens sich öffnet, ihnen einen schönen Tag zusichert. Bleiben die Blätter der Bioke noch zu Ende des Herbstes vertrocknet und gelb an den Bäumen hangen, ohne abzufallen, so soll solches einen harten Winter anzeigen. Wenn die Herbst- oder Wiesenzeitlose (Colchicum autumnale) gleich Anfangs September blüht, so soll ein früher und harter Winter folgen; Gegentheils aber derselbe spät eintreten und gelind sein, wenn ihre Blüthe erst im October zum Vorschein kommt. Zeigt die Christwurz (Helleborus niger) im December, Januar und Februar, wo sie zu blühen pflegt, nur wenige oder gar keine Blumen, sondern kommen blos Blätter zum Vorscheine, so steht ein kühler und nasser Frühling bevor. Aus dem Blühen des Heidekrauts (Ericae herba) im Herbste wissen die Jäger und Landleute die Strenge des kommenden Winters zu bestimmen, und irren sich hierin selten; blüht dasselbe nur sehr sparsam, so steht ein milder Winter bevor, und so umgekehrt. Tragen die Eichen viel Mast, so ist dieß ein Vorzeichen eines strengen und langen Winters. Eben dieses hat man auch an den Hambutten und am Weißdorne wahrgenommen. Ist das Pfriemenkraut (Spartium, Genistae herba) voller Blüthe, so soll dieß insgemein auf ein fruchtbares Jahr hindeuten. Ein hoher Wärmegrad und eine reichliche Getraideerndte stehen zu erwarten, wenn die Mandelbäume (Amygdalus communis) stark blühen.

Der Witterungsvorzeichen an unorganischen oder unbelebten Körpern gibt es eine unzählige Menge. Hier einige der auffallendsten. Zeichen des bevorstehenden Regens sind: wenn das Holz anfängt anzuschwellen, die Steine naß werden, das Eisen zu schwitzen scheint; ebenso, wenn die Saiten an musikalischen Instrumenten springen, das

Leinen an Gemälden und aufgespanntes Papier erschlaffen, wenn das Salz feucht wird, sich um die Lichtflamme ein Kreis zeigt, die Teiche trüb und schmutzig werden, und die Abtritte einen schwefelwasserstoffartigen Geruch verbreiten. Die Glocken werden weiter und stärker gehört; denn wenn die Luft über dem Entstehungsorte des Schalls sehr feucht ist, so drückt sie den Schall nieder, oder vielmehr, der Schall kann sich alsdann, wegen verminderter Elasticität der Luft, ohne in die höheren Regionen derselben zerstreuet zu werden, weiter und stärker in einer bestimmten Richtung fortpflanzen, daher man ihn in größerer Entfernung und stärker vernimmt, als wenn die Luft von solchen Dünsten frei ist. Es steht sonach Regen des folgenden Tages zu erwarten, wenn Nachts der Schall der Glocken, das Gebrause des Wassers, das Geschrei der Thiere, der Gesang der Vögel u. dgl. vernehmlicher gehört wird, als zu andern Zeiten. — Fangen die Fenster im Winter in ungeheizten Zimmern von außen an zu beschlagen oder gar zu frieren, so tritt bald Thauwetter ein. — Es deutet auf Regen, wenn hohe Berge rauschen, Wälder oder Thürme in der Luft blauer und finsterer erscheinen, als sie gewöhnlich gesehen werden. — Die Wolle schwillt an und vermehrt sich dem Raum und Gewichte nach, wenn feuchte Witterung eintreten will; das Mehl wird fester und ballt sich in Klumpen zusammen, die Fleischtonnen, worin Fleisch eingesalzen worden, schlagen von außen aus, die Federn schwellen auf und ballen sich zusammen, und ebenso läuft das Leder zusammen und wird kürzer, wenn feuchte Witterung bevorsteht. — Lös't sich der Ruß in den Kaminen und Rauchfängen von selbst und fällt herab, steigt der Rauch dick aus den Schornsteinen auf und schlägt sich nieder, so deutet solches auf eine mit Feuchtigkeit erfüllte Atmosphäre und auf bevorstehenden Regen.

Außer diesen hier angegebenen, hat man auch verschiedene Erscheinungen im Dunstkreise unserer Atmosphäre sowohl, als an den Gestirnen, als Zeichen bevorstehender Wetterveränderung, beobachtet.

Ist der Himmel bewölkt und weht der Wind, so folgt gewöhnlich bald dalb darauf Regen. — Die Wolken sind Vorzeichen des Regens, wenn sie sich anhäufen und wie Felsen und Berge über einander sich ansammeln. — Setzen sich Wolken auf die Spitzen der Berge, so sind sie Vorboten rauher Witterung. — Kommen die Wolken von Süden und ändern oft ihre Richtung, so erfolgt Regen; sind sie des Abends in Nordost zahlreich, oder kommen solche schwarz und dunkel von Osten her, so deutet dies auf Nachtregen. — Findet ein schnelles Entstehen und Wiederverschwinden der Wolken an schönen Tagen Statt, so ist das heitere Wetter verdächtig, und läßt einen baldigen Wechsel ahnen. — Ziehen die Wolken von Westen herauf, so regnet es am folgenden Tage. — Sammeln sich dieselben in baumwollähnlichen Flocken, so darf man innerhalb 2—3 Tagen Regen erwarten. — Erscheinen die Wolken gegen die Mitte des Tages in Südwest, so deutet dieses auf Sturmwind und Regen in der kommenden Nacht. — Ist der Himmel Morgens mit Wolken bedeckt, und die Luft ruhig, dann ist ein eingetretener Regen von keiner Dauer, und die Strahlen der Sonne durchdringen bald die Wolken; sind der Wolkenschichten aber mehre, und herrschen feuchte

Winde, so hält der Regen lange an. — Scheinen die Wolken bei Sonnenuntergange am Saume vergoldet zu sein, oder verschwinden sie, ziehen kleine Wolken gegen den Wind, sind sie weiß oder schuppenähnlich, nachdem sie über dem Horizont aufgegangen, so sind dieß alles Zeichen einer guten Witterung. — Wenn sich Morgens viele kleine Wolken von weißer Farbe haufenweise gesammelt haben, oder das sind, was man die »Schäfchen« nennt, so wird es schönes Wetter; eben so verkündigen die Wolken, die großen weißen Bergen oder Schneehaufen ähnlich sind, helles Wetter, die schwarzen und bleifarbigen, besonders, wenn sie niedrig stehen, Wind. — Als Zeichen an der Sonne, erwartet man Regen, wenn sich dieselbe verdunkelt und gleichsam im Wasser badet, wenn dieselbe roth aufgeht und ihre Strahlen mit schwarzen oder schwärzlichen Streifen untermischt sind, wenn sie hinter einer dicken Wolke steht, wenn sie im Osten von einem rothen Himmel umgeben ist. — Sieht man der Sonne gegenüber einen hellen Schein am Himmel, von Gestalt wie der Fuß eines Regenbogens, welches man eine »Windgalle« nennt, so erfolgt in Kurzem ein Sturm. — Die Nebensonnen sind Vorzeichen von anhaltend ungestümem Wetter und Regen; der Hof oder ein schwärzlicher Umschweif um die Sonne deutet auf Kälte; erhebt sich dabei Wind, so erfolgt zur Winterzeit insgemein Schnee. — Schönes Wetter verkündigt der Anblick der Sonne, wenn in der Nacht der Himmel klar ist, und die Sonne wolkenlos aufgeht, wenn sich die Wolken, die sie bei ihrem Aufgange umgeben, nach Westen hin bewegen, oder, wenn sie von einem Kreise umgeben ist und sich von allen Seiten auf gleiche Weise entfernt, dann läßt sich andauernd schöne Witterung erwarten. — Geht die Sonne mitten unter rothen Wolken unter, so ist dieß eine Anzeige für gute Witterung; dieses, so wie die Morgenröthe, mit trüber Luft umgeben, als Vorbote eines regnerischen Tages, findet man bei dem Evangel. Matth. C. 16. V. 2. bemerkt, und ist unter dem größern Haufen, besonders unter den Landleuten, eine allgemein bekannte vorbedeutende Erscheinung. Geht hingegen die Sonne weder rothgelb, noch rein feuerroth, sondern kupferroth unter, so steht stürmische Witterung bevor. — Rücksichtlich solcher Vorzeichen am Monde hat man folgende Bemerkungen gemacht: Hat der Mondschein ein blasses Licht, so zeigt dieß bevorstehenden Regen an; eben dieß ist der Fall, wenn die Hörner des wachsenden Mondes, bei seinem ersten Lichte, entweder 2 oder 3 Tage nach dem Mondeswechsel abgestumpft sind: es ist dieß ein Vorzeichen zum Regen im ersten Viertel, aber die andern drei Viertel bringen schönes Wetter. — Hat der Mond einen Hof oder Kreis, und weht der Wind aus Süden, und der Mond wird erst in der Nacht sichtbar, so zeigt dieß während eines Monats viel Regen an. — Der Vollmond ist im April, der Neu- und Vollmond im August fast beständig von Regen begleitet. Geht der Mond blaß auf, so folgt Regen; geht er roth auf, Wind. — Als Zeichen schöner Witterung betrachtet man folgende Erscheinungen am Monde: Sind die Mondflecken sehr sichtbar, umgibt ihn ein glänzender Kreis, wenn er voll ist, so deutet dieß auf gutes Wetter; sind seine Hörner am 4. Tage spitzig, dann tritt bis zum Vollmonde

schönes Wetter ein; eben so deutet es auf gute Witterung, wenn die Mondesscheibe 3 Tage nach dem Mondeswechsel, bevor er voll ist, sehr glänzend erscheint. Nach jedem Neu- und Vollmonde regnet es häufig, wonach schönes Wetter folgt. — Nebenmonde sind meistens Vorläufer starker oder lang anhaltender Regen, großer Fluthen und Ueberschwemmungen. — Was die Vorzeichen an den übrigen Gestirnen betrifft, so bezeichnet es im Sommer des folgenden Tages schönes und helles Wetter, im Winter aber starken Frost, wenn der Himmel Nachts heiter, klar und ganz hell gestirnt ist. — Sieht man an den Fixsternen, besonders an denen der ersten Größe und denen, die dem Thierkreise nahe stehen, röthliche Höfe, so deuten solche zwar auf trockenes, heiteres Wetter, doch folgen dabei Winde; sind die Höfe schwärzlich, bläulich, oder gräulich, so künden solche bevorstehendes Regenwetter. — Stehen die Sterne erst in ihrem vollen Glanze, verdunkeln sich aber plötzlich bei heller Luft und vermindert sich ihr Schein, so steht ein heftiges Gewitter bevor. — Wenn die Sterne, und namentlich der Abendstern, stark funkeln, so regnet es den folgenden Tag. — Ist im Sommer der Wind östlich, während die Sterne scheinbar vergrößert sich dem Anblicke zeigen, so hat man plötzlichen Regen zu erwarten.

Auch an gewissen andern Luftmeteoren sucht man Vorzeichen der Witterung. So deutet die Erscheinung des Nordlichts auf helles und trockenes Wetter; Nordlichter, nur einige Grade über den Horizont erhoben und ganz ruhig, sind Vorläufer großer Ruhe und Stille in der Atmosphäre; hohes Nordlicht hingegen, das sich bewegt, strahlt, funkelt und sich über das Zenith ausbreitet, ist Vorbote heftiger Stürme. Der bekannte Astronom Pater Hell hielt die Nordlichter für Vorboten des Frostes. Feuerkugeln und Sternschnuppen, welche im Herbste aus der Luft fallen, deuten auf starke Kälte und erscheinen, nach Brydone's Beobachtung, bei starkem Froste besonders zahlreich. Am 6. December 1798, gerade beim Anfange des heftigen Frostes, wodurch der von 1798 in 99 fortgehende so ungemein kalte Winter sich auszeichnete, sah Brandes in einigen Stunden 400 Sternschnuppen deutlich an einem nur mäßig großen Theile des Himmels, wobei zugleich mehr als 2000 über seinem Horizonte sichtbar sein mochten. Fliegt der sogenannte Drache in der Luft, und lassen sich die Irrwische häufig sehen, so erfolgt schönes, helles und trockenes Wetter. Nächtliches Wetterleuchten bei wolkenleerem Himmel deutet auf heißen Sonnenschein und trockene Luft. Zeigt sich nach einer anhaltenden Dürre ein Regenbogen am Himmel, so steht ein plötzlicher und starker Regen bevor; ist die grüne Farbe in demselben vorherrschend, so folgt Regen, ist es die rothe, Regen und Wind; scheint er gebrochen zu sein, so deutet solches auf heftiges Gewitter. Erscheint er zur Mittagszeit, so zeigt er vielen Regen an; zeigt er sich gegen Westen, dann erfolgt starker Regen und Donner. — Man will die Bemerkung gemacht haben, daß, wenn es in der letzten Woche des Februars und der ersten des Monats März viel regnet, unter öfterer Erscheinung des Regenbogens, man ein feuchtes Frühjahr und einen gleichen Sommer zu erwarten habe. Ein Regenbogen, der nach dem Re-

gen erscheint, ist im Allgemeinen ein Vorbote schöner Witterung; sind die Farben lebhaft und verschwindet er bald, so erfolgt schönes Wetter. Zeigt er sich Morgens, so folgen kleine Regen, von guter Witterung begleitet; erscheint er Abends, so kann man des folgenden Tages schöne Witterung erwarten; ist der Regenbogen doppelt, so tritt für den Augenblick schönes Wetter ein, in wenigen Tagen aber Regen. — Regenbogen im Herbste bringen auf ein Paar Tage gute Witterung. — Ein vor Aufgang der Sonne sich verbreitender Nebel zur Zeit des Neumondes verkündigt Regen für das letzte Viertel; ist die Zeit des Vollmondes, so deutet derselbe auf schöne Witterung. — Viele Nebel im Herbste verkündigen vielen Schnee im Winter. — Steigen nach Sonnenauf- oder Untergange aus feuchten Wiesen weißliche Nebel auf, so ist den folgenden Tag warme und heitere Witterung zu erwarten. — Am 40. Tage nach Erscheinung eines Höhenrauchs soll strenge Kälte eintreten. — An den Winden hat man folgende Bemerkungen als Vorzeichen der Witterung gemacht: Wenn nach Regen ein kalter Wind folgt, so deutet dieß auf noch mehr Regen. — Setzt der Wind nach Nordost um und dauert zwei Tage lang ohne Regen fort, und dreht solcher sich den dritten Tag nach Süden, ohne daß es regnet, so ist zu vermuthen, daß der Nordostwind 8 bis 9 Tage hindurch unter heiterm Wetter fortwehen und sodann wieder Südwind eintreten werde. — Wenn der Wind aus Süden wieder nach Nordost mit Regen umsetzt und in dieser Richtung 2 Tage ohne Regen fortweht, und auch am 3. Tage weder südlich wird, noch Regen erfolgt, so kann man erwarten, daß 2—3 Monate hindurch der Wind nordöstlich bleiben werde. — Hält der Nordwind, wie dieß häufig der Fall ist, 2—3 Monate oder noch länger an, und wird nun südlich, so gibt es meistens im Anfange 3—4 Tage schöne Witterung, dann folgt am 4. oder 5. Tage Regen, oder der Wind setzt wieder in Norden um und die Witterung bleibt trocken. — Dreht sich der Wind ohne Regen einen bis zwei Tage nach Süden und dann mit Regen nach Norden, und abermals, wie vorhin, 2 oder 3 Mal nach dieser Art in einem oder zwei Tagen nach Süden, so ist zu vermuthen, daß er 2—3 Monate hindurch eben so in Süd oder Südwest, wie zuvor in Norden, bleiben werde. — Eine Woche lang bei Südwind anhaltend schöne Witterung, wenn es vorher aus Süden viel geregnet hat, kann große Trockenheit zur Folge haben. Gemeinlich dreht sich der Wind aus Norden nach Süden ganz ruhig und ohne Regen, aber wieder zurück nach Norden mit Heftigkeit und Regen. Am heftigsten ist er, wenn er von Süden nach Nordwest umsetzt. — Wenn der Wind sich der (scheinbaren) Bewegung der Sonne gemäß, d. h. von Morgen gegen Mittag, von Mittag gegen Abend u. s. w., verändert, so geht er selten zurück oder doch nur auf eine kurze Zeit. Geht er aber in entgegengesetzter Richtung, nämlich von Osten gegen Norden, von Norden gegen Westen u. s. w., so kehrt er gemeinlich zu dem vorigen Punkte zurück, wenigstens eher, als er den ganzen Kreis durchlaufen hat. — Aendert der Wind innerhalb weniger Stunden öfter seine Richtung und bleibt endlich auf einem festen Punkte stehen, so weht er in dieser angenommenen Richtung nicht selten viele Tage hin-

durch. Hat der Südwind zwei oder drei Tage lang geherrscht, so wendet sich derselbe mit einmal nach Norden; weht aber der Nordwind eben so viele Tage, so geht derselbe nicht eher in den Süden über, bis der Ostwind zuvor eine Weile geweht hat. — Der Morgens sich erhebende Wind, er wehe aus einer Gegend, aus welcher er wolle, dauert insgemein länger, als derjenige, der sich mit dem Abende einstellt. — Wehet der Wind in den ersten Tagen des Sommers aus Ost oder Nordost, so erfolgt wahrscheinlich lange Zeit hindurch trockene Witterung; eben so dauert die trockene Witterung fort, wenn der Wind gegen Ende des Sommers westlich ist. — Wenn bei starkem Regen sich Winde erheben oder aufhören, so ist dieß ein Vorzeichen, daß der Regen von dieser Zeit an aufhören werde. — Stellen sich im Herbste und Winter häufig starke Winde ein, so pflegen die Obstbäume im künftigen Jahre besser zu tragen. — Ziehen die Wolken bei Südostwind von Südwest herüber, so hält dieser Wind lange an und endet mit Regen. — Ein Sturmwind, welcher während der Nacht sich erhebt, wird nicht so heftig und anhaltend, als einer, der bei Tage anfängt. — Vorzeichen des Sturmes auf dem Meere sind: Wenn die See bei gelindem Winde anfängt hohl zu gehen und die Wogen sehr zunehmen, wenn das Wasser einen stinkenden Geruch verbreitet, wenn man um die Sonne einen Ring bemerkt, aus dessen Oeffnung der Wind gewöhnlich zuerst hervorschießt, wenn die Luft, besonders in Süden, kupferroth aussieht; kommt noch Staubregen hinzu, so ist der Sturm sehr nahe.

Als besondere und selbst untrügliche Vorzeichen von Hagel und Schnee gibt man folgende an: Weißgelbliche Wolken, die langsam heraufkommen, obgleich der Wind stark weht, sind ein untrügliches Zeichen des Hagels. — Ist der Himmel gegen Osten vor Aufgang der Sonne blaß, und zeigen sich in dicken Wolken gebrochene Strahlen, so steht ein heftiges Gewitter mit Hagel zu erwarten. — Weiße Wolken sind im Sommer eine Anzeige von Hagel und im Winter von Schnee, besonders wenn die Luft ein wenig milde ist. — Haben die Wolken im Frühlinge und Winter eine weißbläuliche Farbe, und verbreiten sich dieselben weit, so sind Graupeln zu erwarten, die aus gefrornem Wasserdampf bestehen, der alsdann von der Erde in die höheren, noch kalten Regionen der Luft aufsteigt.

Als Wetteranzeiger bedient man sich vorzugsweise des Hygrometers und Barometers (s. d. Art.), welches letztere daher wohl auch Wetterglas genannt wird. Ueber die Art und die Zuverlässigkeit seiner Angabe ist im Art. Barometer gesprochen worden. Im Allgemeinen darf man bei der Benutzung desselben nie vergessen, daß es nur den bestehenden Luftdruck anzeigt, daher nur in sofern zum Wetterpropheten werden kann, als bevorstehende Veränderungen der Witterung eine Folge des vermehrten oder veränderten Luftdruckes sind.

Von den einzelnen Wettererscheinungen ist in eigenen Artikeln die Rede, daher darf hier nur noch von dem vorzugsweise Wetter genannten Gewitter gesprochen werden, sofern dieses nicht schon in den Art. Blitz, Blitzableiter und Luftelektricität geschehen ist. Die

Gewitter werden stets durch Wolkenbildung eingeleitet und diese Wetterwolken entstehen zuweilen über dem Horizonte des Ortes, wo sie sich entladen selbst, zuweilen treten sie schon gebildet über den Horizont. Sie bilden sich oft außerordentlich schnell aus, und zuweilen an verschiedenen Orten. Sie zeichnen sich durch rundliche Formen, eigenthümliche Aufhäufung und starke Gegensätze von Beleuchtung aus und gehen in der Regel nicht sehr hoch. In ihrem Zuge nehmen sie nicht die Richtung des vorwaltenden Windes, sondern bewegen sich sogar zuweilen gegen den Wind, der gleichsam aus der Gewitterwolke nach allen Richtungen herausstürzt und öfters große Verheerungen anrichtet, auch in Wirbelwinden und Tromben (s. d. Art. Wasserhosen) auftritt. Die Gewitter pflegen in der Regel nur dann sich vollkommen auszubilden, wenn die Atmosphäre sehr ruhig ist, obschon andere elektrische Erscheinungen in der Atmosphäre auch bei Stürmen auftreten. Schwüle, drückende Hitze und wolkenloser Himmel sind die gewöhnlichen Vorboten der Gewitter. Dabei empfindet der Mensch vor Gewittern eine eigene Mattigkeit, Trägheit und Schwere in den Gliedern. Hält die Windstille und Hitze mehre Tage an, so verliert die Luft allmählig an Klarheit, sie ist wie von einem leichten Höhenrauch erfüllt, es bilden sich endlich Gewitterwolken, die sich bisweilen wieder zerstreuen, und wieder bilden, bis es zum Gewitter kommt, das um so heftiger zu sein pflegt, je länger jener eigenthümliche Zustand der Atmosphäre gewährt hatte. Bei den Gewittern scheint übrigens Ruhe nur in den unteren Theilen der Atmosphäre zu herrschen. Da nämlich in der Regel das Barometer sinkt, so erkennt man daraus ein Abfließen der Luft in den höheren Regionen der Atmosphäre. Zwischen den Wendekreisen finden daher die meisten Gewitter zur Zeit des Wechsels der Moussons (s. d. Art. Winde) statt, d. h. zu einer Zeit, wo schon ein neuer Mousson in den höheren Gegenden herrscht, der sich noch nicht der Erdoberfläche genähert hat.

Am häufigsten sind die Gewitter in niederen Breiten während der nassen Jahreszeit, wo sie fast täglich auftreten, auch zeichnen sich hier die Gewitter durch eine Heftigkeit aus, von der wir keinen Begriff haben. Diese Gewitter zwischen den Wendekreisen werden nach den heftigen sie begleitenden Winden Tornados oder Trovados, auf den Antillen, auf Isle de France und in Hindostan Orcane, im chinesischen Meere Typhonen genannt. Kämtz hat über die Menge der Gewitter und deren Vertheilung auf die Jahreszeiten in den verschiedenen europäischen Ländern die Beobachtungen, soweit ihm solche zugänglich waren, verglichen. Aus Vergleichung von Beobachtungen zu La Rochelle, Middelburg und Brüssel findet er, daß von 100 Gewittern an der Westküste Europas auf den Winter 8,9, auf den Frühling 17,7, auf den Sommer 52,5, auf den Herbst 20,9 kommen; die jährliche Zahl der Gewitter ist aber im Mittel 19,8. Für Deutschland hat Kämtz 18 Orte verglichen und als Resultat folgende Mittel für die einzelnen Monate gefunden:

Januar 0,07	April 1,34	Juli 4,50	October 0,23
Februar 0,08	Mai 3,07	August 4,14	November 0,11
März 0,23	Juni 3,91	September 1,23	December 0,12.

Im Durchschnitte finden also in einem Orte in Deutschland jährlich 19 Gewitter statt, eben so viele als an der Westküste Europas in ungefähr gleicher Breite; diese Gewitter zeigen sich vorzüglich im Sommer. Ueberhaupt sind sie nach den einzelnen Jahreszeiten folgender Maßen vertheilt:

Winter: 1,4 Procent; Frühling: 24,4; Sommer: 66,0; Herbst 8,2. Die Zahl der Winter- und Herbstgewitter hat, wie man sieht in Deutschland gegen die Westküste Europas abgenommen, die Zahl der Sommer- und Frühligsgewitter dagegen zugenommen. Noch bedeutender wird diese Veränderung weiter ins Innere des alten Continents. Kämtz zieht für diesen 7 Orte in Betracht und findet folgende Vertheilung: Winter: 0,0 Procent; Frühling: 15,7; Sommer: 79,3; Herbst: 5,0. Hier treten $\frac{4}{5}$ sämmtlicher Gewitter im Sommer auf. Kämtz erinnert wie ganz in derselben Art, in welcher die Sommerregen über die Winterregen mit der Entfernung vom atlantischen Meere zunehmen, eben so auch die Sommergewitter die Wintergewitter an Zahl übersteigen.

Die Wintergewitter scheinen nach Kämtz vorzugsweise an steilaufsteigenden Küsten häufiger zu sein. So sind in Island Donner und Blitz am häufigsten im Winter; auf den Faröern finden die Gewitter nur im Winter bei starkem Sturme statt. Dasselbe gilt von den Hebriden und von den schottländischen Inseln. Auch an der Westküste von Nordamerika, wie in Sitcha, zeigen sich die Gewitter vorzugsweise im Winter, besonders im December und Januar. Die Zahl der Gewitter ist nach Kämtz Vergleichung in Scandinavien und Sibirien weit geringer als in Deutschland und Frankreich. Im Allgemeinen wird die Anzahl der Gewitter geringer, je weiter nach Norden man kommt. Giesecke bemerkte während eines 6jährigen Aufenthaltes in Grönland unter einer Breite von 70° nur ein einziges Gewitter.

Die Gewitter zeigen sich zuweilen in manchen Gegenden periodisch wiederkehrend, so daß sie sich oft mehre Tage hinter einander zu derselben Stunde und an demselben Orte wiederholen. Der Grund scheint darin zu liegen, daß sich, wenn die Witterung im Ganzen dieselbe bleibt, die atmosphärischen Bedingungen des Gewitters zu einer bestimmten insonderheit vom Stande der Sonne abhängigen Stunde so gesteigert haben, daß dasselbe zum Ausbruch kommt. Besonders häufig treten die Gewitter in Gebirgsgegenden auf und überdieß zeigt sich in denselben noch eine besondere Eigenthümlichkeit. Man findet nämlich nicht selten, daß ein Gewitter, welches sich im Thal oder in der Ebene gebildet hat und gegen einen Bergkamm getrieben wird, hier plötzlich stehen bleibt und dann nach einer andern Richtung fortzieht oder sich theilt. Man nennt derartige Punkte Wetterscheiden. Auch sollen nach dem an vielen Orten verbreiteten Volksglauben Flüsse Wetterscheiden zu bilden vermögen, welches nur in einer durch den Fluß dargebotenen Ableitung der Elektricität seinen Grund haben könnte.

Wetterharfe nannte **Haas** zu Basel eine von ihm angelegte Vorrichtung, welche aus 15 Eisendrähten von 320 Fuß Länge bestand, die aus seinem Gartenhause über den Garten hin nach seinem Hofe gespannt waren. Sie standen ungefähr 2 Zoll von einander, die dicksten hatten 2 Lin. Durchmesser, die mittleren $1\frac{1}{2}$ und die dünnsten 1 Lin. Sie lagen in der Mittagsfläche und machten mit dem Horizont einen Winkel von 20 bis 30 Grad und waren durch Walzen mit Stirnrädern und Sperrhaken stark gespannt. Diese Saiten tönten bei jeder Wetterveränderung. Bald gaben sie Töne wie ein Theekessel, ehe das Wasser in ihm zu sieden beginnt, bald glichen ihre Töne denen einer Harmonica, bald einem feinen Geläut, bald den Tönen einer Orgel. Die ersten Beobachtungen, welche **Haas** zu seinem Apparate Veranlassung gaben, machte **Prevot** in Bürgeln ohnweit der Abtei St. Blasius. Nach ihm gab ein Messingdraht keine Töne bei Wetterveränderungen und eben so wenig ein senkrecht auf der Ebene des Meridians ausgespannter Eisendraht. Die Töne bei diesem Instrument scheinen nicht sowohl, oder wenigstens nicht allein von dem Luftzuge verursacht worden zu sein, sondern von den Temperaturveränderungen, woraus sich der Zusammenhang des Tönens mit den Wetterveränderungen erklärt. — Man hat diesen Apparat auch als **Barometer** (s. d. Art. S. 137.) bezeichnet.

Wetterleuchten nennt man das plötzliche Aufflackern von Licht, welches man besonders häufig an heißen Sommerabenden an der Grenze des Horizontes wahrnimmt, und welches zuweilen, aber nicht immer, wie durch Beobachtungen ziemlich außer Zweifel gestellt ist, von Blitzen herrührt, die unter dem Horizont liegenden Gewittern angehören. Es tritt bei demselben kein Geräusch auf, und es erscheint oft zugleich in den verschiedensten Gegenden des Horizontes, breitet sich auch über große Strecken hin aus. Nach **Schübler** ist das Wetterleuchten wahrscheinlich eine unabhängig vom Gewitter sich ereignende, leuchtende Erscheinung, die durch Ausströmung starker Elektricität, ohne elektrischen Gegensatz benachbarter Wolkenschichten (daher kein Gewitter) veranlaßt wird. An heißen Sommerabenden sinken höhere Luftschichten mit Eintritt der Nacht schnell tiefer, können ihre Elektricität bei Annäherung zu den feuchteren, tiefern Schichten nicht mehr in sich angesammelt erhalten und lassen dieselbe dann ausstrahlen.

Winde heißen alle mehr oder weniger gewaltsame Bewegungen der atmosphärischen Luft, die nach ihrer verschiedenen Stärke (vom leichten Wehen bis zum gewaltigen Sturme und Orcane), nach der Gegend, aus welcher sie wehen, und nach den besonderen Umständen, unter denen sie auftreten, verschiedene Namen erhalten. Die Hauptursache, welche die Winde erzeugt, ist die Wärme. Stände die Erde still und hätte die Atmosphäre überall dieselbe Temperatur, so würde jene in einer bestimmten, allein durch die Schwere und das Verhältniß der Erde gegen die Körper des Sonnensystems bestimmten Weise um die Erde sich lagern und nachher völlig bewegungslos bleiben. Die theil-

weise Erwärmung ist es, welche die angegebene Gleichgewichtsstellung der Atmosphäre stört und hierdurch so wie zugleich durch das Streben der Atmosphäre jene Gleichgewichtsstellung wieder einzunehmen, entstehen Winde. Wird nämlich an einem Orte über der Erde die Atmosphäre stärker erwärmt als an einem anderen daneben liegenden, so dehnt sie sich aus und zwar geht die Richtung dieser Ausdehnung zunächst nach oben, weil hier der geringste Gegendruck vorhanden ist. Dadurch entsteht gleichsam eine Aufbauschung an der Oberfläche der Erdatmosphäre, von dieser fließt aber die Luft alsbald seitwärts ab und umgekehrt strömt unten an der Oberfläche der Erde die Luft von dem kälteren Orte nach dem wärmeren; so daß in den verschiedenen Höhen der Atmosphäre entgegengesetzte Winde wehen. Man kann sich von der Richtigkeit dieses Vorganges in jedem erwärmten Zimmer durch den Versuch überzeugen, der im Art. Ventilator S. 727 angeführt ist. Auch hier bläst die erwärmte Luft aus dem Zimmer oben hinaus und die kältere Luft unten herein. Die erwähnten Erscheinungen müssen aber auch ganz in derselben Art eintreten, wenn ein Theil der Atmosphäre stärker abgekühlt als der andere wird, weil das bewegende Prinzip in jedem Falle nicht eine bestimmte Temperatur, sondern im Allgemeinen nur die Temperaturdifferenz ist. Die Strömungen der atmosphärischen Luft sind natürlich mit einer Anhäufung der Luft an einigen und einer Verminderung derselben an andern Orten verbunden und daraus entsteht bei Winden eine Veränderlichkeit des Luftdruckes, welche durch das Barometer angezeigt wird. In der Natur kommen außer den großartigen in der Stellung der Erde auf ihrer Bahn ihren Grund habenden Temperaturveränderungen und außer den allgemeinen, welche von der Axendrehung der Erde herrühren, noch eine große Menge von Temperaturveränderungen vor, welche durch locale Verhältnisse bedingt werden, und demgemäß ist auch die Entstehung und Beschaffenheit der Winde sehr verschieden. Gewiß wird die Atmosphäre auch auf ähnliche Weise von Mond und Sonne angezogen wie das Meer (s. d. Art. Ebbe und Fluth.). Ueberdieß haben Localitäten auch noch einen sehr bestimmten Einfluß auf die Richtung des Windes, denn es ist eine bekannte Thatsache, daß Luftströme eben sowohl als Wasserströme durch entgegenstehende Hindernisse, die sie nicht zu überwältigen im Stande sind, abgelenkt werden. Diejenigen Winde, welche ihre Entstehung mittelbar der Stellung der Erde auf ihrer Bahn verdanken, müssen sich von den Jahreszeiten und von den Zonen abhängig zeigen, während diejenigen Winde, die von der Umdrehung der Erde um ihre Axe bedingt werden, in Abhängigkeit von den Tageszeiten stehen. Locale Einflüsse sind theils bleibend, wie an Küsten das Verhältniß von Land und Wasser, theils vorübergehend, z. B. Wolken, schwimmende Eismassen u. s. f. Vergleicht man die Winde, welche an einem bestimmten Orte wehen, so werden sie nach den verschiedenen Ursachen, denen sie ihren Ursprung verdanken, einander gegenseitig in Richtung und Stärke modificiren, bald vermindern, bald verstärken, und überdieß wird die Localität jeden ankommenden Wind in seiner Richtung bestimmen, und es wird ein Gesammtresultat aller herrschenden Ursachen sich ergeben, in welchem es schwer sein wird die einzelnen Ursachen zu unterscheiden.

Ehe über die einzelnen Winde gesprochen wird, ist über diejenigen Mittel zu reden, deren man sich bedient, die Richtung und die Stärke des Windes zu bestimmen. Die Richtung des Windes gibt man im Allgemeinen nach den Himmelsgegenden an. Die Alten hatten jedem Winde nach der Richtung, aus welcher derselbe bließ, einen eigenen Namen gegeben, unter den Neueren thun dieses nur noch die Italiener, sonst ist es fast überall eingeführt, die Richtung, aus welcher der Wind kommt, nach der Windrose anzuführen, wie dieses im Art. Compaß (S. 392. vergl. Bd. I. Fig. 139.) angegeben ist. *) Als Beobachtungsinstrumentes bedient man sich der Windfahnen, Wetterfahnen. Diese bestehen in einer verticalen Ebene, welche um eine senkrecht stehende Axe sich umdreht. Der Wind stellt dieselben in die Richtung, nach der er hinweht. Man setzt solche Windfahnen auf die Dächer der Häuser und auf die Spitzen der Thürme. Im Allgemeinen werden sie die herrschende Windrichtung desto sicherer angeben, je freier sie stehen, d. h. je weniger emporragende Gegenstände in der Nähe vorhanden sind, welche die Richtung des Windes verrücken. Es ist eine bekannte Thatsache, daß z. B. durch die Richtung der Straßen in einer Stadt die Winde auf das mannigfaltigste in ihrer Richtung bestimmt werden, daher denn die niedriger gelegenen Wetterfahnen höchst unbestimmte und unter einander im Widerspruch stehende Angaben liefern. Aber auch bei völlig frei stehenden Wetterfahnen wird man die Beobachtung machen, daß sie selbst bei einem sehr heftigen Winde nicht unverrückt nach Einer Himmelsgegend zeigen, sondern immer schwanken sie hin und her und man kann in den verschiedenen Stellungen nur eine mittlere Stellung unterscheiden, von der sie bald mehr bald weniger rechts oder links abweichen. Parrot und Engelhardt bedienten sich um die erwähnten Schwankungen minder bedeutend zu machen einer eigenen Vorrichtung. Dieselbe bestand in zwei Ebenen, die in einem Winkel von 45° gegen einander geneigt und in dieser Lage befe-

*) Um Ausdrücke für das (beobachtete) Verhältniß der Winde an einem Orte zu haben, kann man sich verschiedener Mittel bedienen. Man kann z. B. angeben, wie oft im Durchschnitt unter 100 Winden ein Westwind vorkomme u. s. w. Schouw vergleicht die Zahl der entgegengesetzten Winde und nimmt die Zahl des einen = 1 an, wornach der entgegengesetzte Wind eine Zahl bekommt, welche sich zu 1 verhält, wie die Anzahl dieser Winde zur Anzahl jener. Lambert schlägt vor, man solle die Winde als Kräfte ansehen, welche die Atmosphäre eines Ortes zu erweitern streben; die Stärke und Dauer der einzelnen Winde wird ausgedrückt, wie dieses geschieht, wenn man die Bewegung (s. d. Art.) finden will, welche als Resultat mehrer auf einen Körper wirkenden Kräfte erfolgt, und man nimmt an, daß alle Winde zugleich wirkten, dann ergibt sich eine Resultante (s. d. Art.), welche die Gesammtwirkung ausdrückt und die mittlere Windrichtung angibt. Dieß ist jedoch keineswegs diejenige, welche dem Wind angehört, der am oftesten an dem Orte weht, es kann der Fall sein, daß der Wind aus der in angegebener Weise gefundenen Richtung nie oder doch nur selten weht.

stigt wurden. Die gerade Linie, in der beide Ebenen sich schnitten, wurde an die verticale Drehungsaxe befestigt, und eine den Winkel von 45° halbirende (z. B. durch einen Stab markirte) Linie gab nun die Richtung des Windes an. Um die Stellung der Wetterfahne mit den Himmelsgegenden zu vergleichen, bringt man häufig unter der Wetterfahne ein Kreuz an, dessen Arme nach den 4 Hauptregionen des Himmels zeigen, oder einen Stern, der die Hauptrichtungen und die dazwischen liegenden Nebenrichtungen angibt. Auch hat man Vorkehrungen getroffen, daß man die Richtung des Windes im Zimmer beobachten kann. Am einfachsten ist es, die Spille, an welcher die Wetterfahne sich befindet, fest mit der Fahne zu verbinden und die Spille selbst in Lagern um ihre Längenaxe drehbar zu machen, das untere Ende der Spille dann bis in das Zimmer (in die Mitte der Decke) zu führen und hier einen senkrecht auf ihr stehenden, daher wagerechten Zeiger zu befestigen. Dieser dreht sich dann im Zimmer ebenso wie die Windfahne im Freien, und ist um seinen Drehungspunkt eine Windrose verzeichnet, so kann man auf das genaueste die Richtung des Windes beobachten, und zwar zeigt er die Richtung, aus welcher der Wind kommt, wenn er so gestellt ist, daß Windfahne oben und Zeiger unten mit der herabgehenden Spille die Gestalt eines ┐_ bilden. Die Geschwindigkeit des Windes findet man direct, wenn man beobachtet, mit welcher Geschwindigkeit derselbe leichte Körper, die man ihm überläßt, z. B. Flaumfedern, Stückchen Papier u. dgl. fortbewegt. Man hat, da diese Beobachtung nie eine besondere Schärfe zuläßt, indeß besondere unter dem Namen Anemometer (a. d. griech. ἄνεμος, der Wind, und μέτρον, Maß) bekannte Instrumente zur Messung der Geschwindigkeit des Windes ersonnen. Nach der Theorie hat man für die Geschwindigkeit des Windes berechnet, daß ein Wind, welcher sich mit der Geschwindigkeit u bewegt und aus Luft besteht, welche das Barometer auf der Höhe p′ erhält, einen Druck hervorbringt, welcher im Stande ist, einer Quecksilbersäule von der Höhe $p' - p^\circ$ das Gleichgewicht zu halten. p° bezeichnet denjenigen Barometerstand, welcher dem Raume entspricht, in welchem sich die Luft ausbreitet. Man hat hiernach die Formel

$$p' - p^\circ = \left(\frac{u}{1215}\right)^2 p'$$ zur Berechnung der Geschwindigkeit des Windes.

Hiernach hat Lind folgenden Apparat angegeben: Eine an beiden Enden offene Glasröhre wird so geblasen, wie es ABCD (Fig. 446) angibt; der Arm AB steht genau senkrecht auf CD. Diese Röhre, welche einen innern Durchmesser von wenigstens einen halben Zoll haben muß, enthält Wasser oder ein anderes leichtes Fluidum, welches in beiden Schenkeln gleich hoch steht, sobald keine andre Kraft auf dasselbe einwirkt. Der Apparat wird nun so aufgestellt, daß die Röhre CD genau vertical steht, und die Verticalebene, in welcher die Röhren sich befinden, mit der Richtung des Windes zusammenfällt, was am leichtesten dadurch erreicht wird, daß man den Apparat in der Ebene der Windfahne befestigt, und zwar dergestalt, daß die Oeffnung A der Axe, um welche sich die Fahne dreht, zunächst liegt. Der ankommende Strom wirkt nun auf die in der Röhre AB enthaltene Luft, compri-

mirt dieselbe, und drückt dadurch das Wasser in dieser Röhre bis F herab, während es in der Röhre CD bis E steigt. Aus dem Höhenunterschiede des Wassers in beiden Schenkeln, Ef, wird dann die Geschwindigkeit des Windes hergeleitet; da jedoch diese selten mehre Minuten hindurch constant ist, so ist die Wassersäule vielen Oscillationen unterworfen, wodurch die Messung sehr erschwert wird. Um die hieraus entstehende Unsicherheit d r Beobachtung etwas zu vermindern, ist es am zweckmäßigsten, die Röhre unten bei C zu verengern. Robison glaubt, daß, wenn die Röhre einen Durchmesser von einem halben Zoll hat, es genüge, der Röhre bei C einen Durchmesser von $\frac{1}{30}$ Zoll zu geben. Gesetzt, der Wind habe eine Geschwindigkeit von 40 Fuß in der Secunde und der Barometerstand betrage 336''', so wird $p' - p = \left(\frac{40}{1215}\right)^2 \cdot 336''' = 0''',3642$ oder da wir Wasser zum Messen nehmen, so wird, die Dichtigkeit des Quecksilbers der Kürze halber zu 13,6 angenommen, die Höhe der Wassersäule Ef = 4''',95. Für eine Geschwindigkeit also, welche schon ein ziemlich lebhafter Wind hat, beträgt der Unterschied im Niveau nur etwa 5 Linien, und noch weit geringer wird derselbe für schwächere Ströme. Dadurch werden dann kleine Beobachtungsfehler einen großen Einfluß erhalten, und Robison schlägt daher vor, die Röhre CD gegen den Horizont zu neigen, wodurch für dieselbe Höhenänderung eine größere Länge der Röhre erforderlich, die Messung also leichter wird. Mehr Beachtung aber scheint folgende, von demselben Physiker vorgeschlagene Einrichtung zu verdienen. Die horizontale Röhre AB und die verticale CD (Fig. 447), welche beide gleiche Durchmesser haben mögen, werden durch eine genau horizontale Zwischenröhre von kleinerem Durchmesser mit einander verbunden. Hat man nun die Oeffnung A vor der Einwirkung des Windes geschützt, so wird in CD so lange Wasser gegossen, bis dieses zum Punkte B tritt. Wenn nun der Wind auf das Wasser in A drückt, so wird es zwar in dem Schenkel CD um die Größe Ef gehoben, aber da der Schenkel BG weit enger ist, so wird die Länge BF, durch welche hier das Wasser getrieben wird, bei weitem bedeutender. Gesetzt, der Querschnitt von CD sei $\frac{1}{12}$ dessen von BG, und die Größe Ef betrage 0''',5 Wasser, was bei einem Barometerstande von 336''' einer Geschwindigkeit von etwa 12 Fuß in der Secunde entsprechen würde, so würde es leicht möglich sein, sich bei unmittelbarer Messung der Säule Ef um 0''',1 oder 0''',2 zu versehen. Aber eben diese Höhe entspricht in der 12mal engeren Röhre GB einer Länge von 5''; wenn also auch derselbe Fehler beim Ablesen begangen wird, so wird der Einfluß auf das Endresultat viel geringer. — Gewöhnlich wird die Stärke des Windes dadurch gemessen, daß man die Kraft aufsucht, mit welcher der Wind auf eine ihm entgegenstehende Fläche drückt. Lomonossow, Zeiher und Andere haben dazu Vorrichtungen angegeben. Eine verticale Fläche wurde dem Winde genau entgegengestellt; der horizontale Stab, welcher an ihrer hintern Seite befestigt war, wurde in einer Röhre, in welche er sich hineinschieben ließ, von einer Feder gehalten, und blieb bei einer gegebenen Stelle stehen. Wurde

nun diese Fläche dem Winde entgegengesetzt, so wurde sie so weit hineingeschoben, bis die Elasticität der Feder und der Druck des Windes sich im Gleichgewichte hielten, und der Punkt, bei welchem der Stab stehen blieb, aufgezeichnet. In andern Fällen wurden Kugeln oder Flächen angewendet, welche an einem Faden befestigt waren; bei vollkommener Windstille hing dieser vertical, je größer aber die Geschwindigkeit des Windes wurde, desto bedeutender wurde der Winkel, welchen das Pendel mit der Verticale bildete, und dieser Winkel diente dann zur Messung der Stärke. Will man einmal aus dem Stoße des Windes auf feste Flächen seine Geschwindigkeit herleiten, so scheint es Kämtz am zweckmäßigsten, dazu die Windfahne selbst zu nehmen, wie dieses namentlich Walz gethan hat. Die Windfahne wird in diesem Falle fest mit der Axe verbunden, an dem untern Ende von dieser befindet sich eine horizontale Rolle, über deren Umkreis eine Schnur geschlagen ist, welche dann entweder mit einer gewöhnlichen oder einer Federwage, wie sie Walz anwendet, verbunden ist. Wenn die Richtung des Windes gemessen ist, so wird die Fahne dergestalt gedreht, daß sie genau auf dieser Richtung senkrecht steht, und vermittels der Wage das dazu erforderliche Gewicht gemessen. Wenn nun die Fläche der Fahne bekannt ist, so läßt sich aus der Größe des Drucks die Höhe der ihm gleichen Quecksilbersäule, und mithin, da $p' - p^{\circ}$ gefunden ist, die Geschwindigkeit u herleiten. — Neuerdings hat Forbes ein anderes Princip der Construction eines Anemometers zum Grunde gelegt. Wenn ein Körper sich selbst überlassen wird, so fällt er vertical herab; erhält derselbe aber im Anfange seines Falles einen Stoß nach der horizontalen Richtung, so beschreibt er eine Parabel, deren Parameter von der Größe des Stoßes abhängt. Diesen Satz wendet er bei seinem Instrumente an. Ein Körper fällt aus einer Büchse, welche am besten von einem Uhrwerk zur bestimmten Zeit geöffnet wird, herab, der Wind treibt ihn seitwärts, und man beobachtet, wie weit die Stelle, an welcher er herabfällt, von dem vertical unter der Büchse liegenden Punkte entfernt ist. Sind dann die Fallhöhe und die dazu erforderliche Zeit, die Dichtigkeit der Luft und die der Kugel bekannt, so läßt sich daraus die Geschwindigkeit des Windes herleiten*).

Daß in der Atmosphäre in den verschiedenen Höhen verschiedene Luftströmungen stattfinden, folgt schon aus der oben angegebenen Theorie, wird aber auch durch Beobachtungen erfahren. Kämtz führt in dieser Beziehung Folgendes an: Wenn wir den Zug der Wolken betrachten, so finden wir, daß diese nicht selten unter sich verschiedene Richtungen haben, und auch von den Windfahnen ganz abweichen. Dieser Gegensatz in der Richtung der obern und untern Luftströme dauert oft lange fort. So befand sich im Jahre 1781 eine englische Flotte im Hafen zu Leith; fast fünf Wochen hindurch wehte ein lebhafter Ostwind, in den beiden letzten Wochen herrschte in einer Höhe von etwa $\frac{3}{4}$ (englischer) Meile eine lebhafte westliche Strömung, wie aus der Bewegung lockerer Wolken hervorging. Bei der Belagerung

*) Nach Kämtz's Meteorologie.

von Quebec im Jahre 1759 wehte ein so starker Westwind, daß die Schiffer die Topmasten einziehen mußten und einige Bote nur mit Mühe gegen den Wind geführt werden konnten; eine abgeschossene Bombe platzte in der größten Höhe ihrer Bahn, fast eine Viertelstunde blieb die Rauchsäule an derselben Stelle stehen und zerstreute sich von hier aus allmälig, ohne ihren Platz sehr bedeutend zu ändern. Am besten eignen sich zu dieser Untersuchung Luftbälle. Fast alle diejenigen, welche in die Höhe gestiegen sind, erwähnen in ihrem Berichte, daß sie verschiedene Luftströme getroffen hätten, und Th. Forster ließ kleinere Bälle aufsteigen. Bei einem derselben fand er zu unterst OSO, sodann in verschiedenen Höhen N, SW und SSO g S. Bei mehr als dreißig auf diese Art angestellten Versuchen fand derselbe, daß nur wenige Bälle dieselbe Richtung behielten, bei den meisten merkte man 4 bis 5, und bei einigen 7 bis 8 verschiedene Luftströme.

Mit der Höhe ändert sich auch die Geschwindigkeit der Winde. Im allgemeinen scheint die Geschwindigkeit desselben Windes in der Höhe bedeutender zu sein, als unmittelbar an der Erdoberfläche, welches schon in den vielen Hindernissen seine Erklärung findet, welche dem Winde an der Erdoberfläche entgegenstehen und die seine Kraft nothwendig schwächen müssen. Saussure führt als allgemein bekannte Thatsache an, daß man den Wind um so stärker finde, je höher man auf den Bergen emporsteige. Ich habe, sagt er, vielmals gesehen, daß Winde, die in der Ebene regelmäßig und von mäßiger Stärke schienen, auf den Bergen von solcher Heftigkeit waren, daß man die größte Mühe hatte, sich gegen sie zu erhalten.

Aus der angegebenen Entstehungsart der Winde erklärt sich ein Phänomen, welches mehrfach beobachtet worden, und auf den ersten Augenblick sehr in Erstaunen setzen muß. Man hat nämlich gefunden, daß ein Wind, der z. B. von O wehte, an den westlicher gelegenen Orten eher sich zeigte, als an den östlicher gelegenen. Franklin führt folgendes Beispiel an. Ein heftiger NOWind zeigte sich gegen 7 Uhr in Philadelphia und verhinderte die Beobachtung einer Mondfinsterniß; aber dieser Sturm, welcher auch in dem nordöstlich davon liegenden Boston gewüthet hatte, begann hier erst um 11 Uhr. Bei anderen aus NO kommenden Winden, bei welchen Franklin in der Folge auf jene Erscheinung achtete, zeigte sich, daß ihr Anfang um so später eintrat, je weiter nach NO die Orte lagen. Oeffnen wir die Thür eines geheizten Zimmers, so zieht sich die kältere Luft aus dem nebenanliegenden kälteren Zimmer unten am Boden hin nach dem wärmeren Zimmer. Hierbei treten offenbar die zunächst an der Thür gelegenen Lufttheile zuerst in das warme Zimmer, diesen folgen weiter entfernte Lufttheilchen und in dieser Art pflanzt sich der gegen die Thür gerichtete Luftstrom rückwärts fort. Ganz auf dieselbe Weise muß nun auch die Entstehung des Windes vor sich gehen, hat sich aber einmal der Wind ausgebildet, so wird, wie dieß auch in dem analogen Beispiele der Fall ist, der erzeugte Luftstrom ununterbrochen in der Richtung des Windes, wie ihn die Wetterfahne angibt, fortgehen.

Gehen wir nun die einzelnen merkwürdigsten Winde durch, so tre-

ten am auffallendsten diejenigen Winde auf, welche der Stellung der Erde auf ihrer Bahn, d. h. den klimatischen Verschiedenheiten ihr Dasein verdanken und zugleich aus demselben Grunde von dem Wechsel der Jahreszeiten modificirt werden. Da, wo der Einfluß der Klimate weder von dem Einfluße der wechselnden Jahreszeiten noch von localen Einflüßen überwogen wird, wehen diese Winde das ganze Jahr hindurch fortwährend mit derselben Stärke. Es sind dieses die Passate. Da, wo die erwähnten Einflüße zu Zeiten das Uebergewicht über den klimatischen Unterschied gewinnen, finden beständige Winde nur auf Monate statt und wechseln den übrigen Theil des Jahres entweder mit anderen beständigen Winden oder mit mannigfach veränderlichen Winden, welche keine bestimmte Dauer haben. Die zu dieser zweiten Klasse gehörigen beständigen Winde heißen Moussons (v. d. malaischen Worte Mussin, d. h. Jahreszeit). Die Passate hängen also wesentlich von den Klimaten, die Moussons von den Jahreszeiten ab, und ihre Richtung muß sich aus den Bedingungen, welche sie erzeugen, berechnen lassen; dieselbe wird jedoch durch locale Einflüße, insbesondere durch die Küstenstriche, mannigfach modificirt.

Die Erklärung der Passate hat zuerst Halley gegen Ende des 17. Jahrhunderts richtig aufgestellt. Nehmen wir (um jeden anderen Einfluß als den klimatischen von der Betrachtung auszuschließen) einen Augenblick an, die Sonne stehe im Aequator still und die Oberfläche der Erde bestehe nur aus Wasser; so wird, offenbar weil die Gegenden um den Aequator bei weiten stärker erwärmt sind, als die nach den Polen zu liegenden, die erwärmte Luft in der obersten Höhe der Atmosphäre nach den Polen zu abfließen und zugleich die kalte Luft der Pole an der Oberfläche der Erde hin nach dem Aequator zuströmen. Es werden unter dieser Bedingung folglich von den Polen nach dem Aequator ununterbrochene Winde wehen und diese würden sich überall in der Ebene des Meridians bewegen, wenn nicht die Umdrehung der Erde einen mächtigen Einfluß auf sie ausübte. Stellen wir uns irgend einen Punkt in der Nähe des Poles und einen anderen in der Nähe des Aequators vor, so bewegt sich der eine Punkt wie der andere innerhalb 24 Stunden einmal um die Erdaxe von W nach O herum, und beschreibt dabei einen Kreis (Parallelkreis). Offenbar aber hat der Punkt in der Nähe des Poles einen beiweitem kleineren Kreis zu beschreiben, als der Punkt in der Nähe des Aequators, dieser bewegt sich mit viel größerer Geschwindigkeit als jener. Soll nun irgend ein Punkt der Erde Theil haben an der Umdrehung der Erde, so muß er sich an jedem Orte derselben mit der diesem Orte zukommenden Geschwindigkeit von W nach O bewegen, hat er eine geringere Geschwindigkeit, so bewegt er sich von O nach W, oder die Erde dreht sich, so zu sagen, unter ihm weg. Nun umgibt die Luft rings die Erde und dreht sich gleichzeitig mit ihr um, daher müssen sich auch die Lufttheilchen in der Nähe der Pole weit langsamer von W. nach O. bewegen, als die Lufttheilchen über dem Aequator. Wird nun ein Lufttheilchen des Aequators, wie dieses beim Passate geschieht, vom Pole nach dem Aequator zugetrieben, so behält es zugleich seine nach O gehende Be-

wegung, und da diese um so geringer wird gegen die nach O gehende Bewegung der Theile der Erdoberfläche, über welche es hingeht, je näher es dem Aequator kommt, so muß es außer der Bewegung gegen den Aequator auch noch eine gegen Westen gerichtete Bewegung annehmen. Dieses gilt sowohl für alle vom Nordpole kommenden Lufttheilchen, als für alle diejenigen, welche vom Südpole kommen. Hieraus folgt dann, daß im Allgemeinen in der Nähe des Aequators auf der nördlichen Halbkugel der Erde NO-Passate, auf der südlichen Halbkugel dagegen SO-Passate herrschen müssen. Je näher wir dem Aequator kommen, desto mehr werden die Passate zu O-Winden, und dieses ist nicht allein eine Folge der Umdrehung der Erde (weil gerade in der Nähe des Aequators die Größe der Parallelkreise am wenigsten zunimmt), sondern auch eine Folge der gegenseitigen Einwirkung der Passate beider Halbkugeln; diese stoßen zusammen in SO- und NO-Richtung und das Ergebniß ist eine O-Strömung. In der Wirklichkeit findet dieses Zusammenstoßen der Passate allerdings nicht statt, indem zwischen den Regionen der Passate eine Gegend liegt, in welcher Windstillen und veränderliche Winde herrschen; aber es entsteht ein ähnliches Resultat, wenn die schon halböstlich gerichteten Winde gegen eine ruhende Luftmasse stoßen. In den oberen Regionen müssen entgegengesetzte Luftströmungen herrschen, denn indem die Lufttheilchen des Aequators nach den Polen gehen, haben sie zugleich die den Aequatorealgegenden entsprechende schnelle Bewegung von W nach O, und da die nach den Polen zu liegenden Erdtheile eine geringere Umdrehungsgeschwindigkeit besitzen, so müssen die Passate der höhern Luftschichten desto mehr SW und NW werden, je näher sie dem Nordpole und dem Südpole kommen.

Durch die Ländermassen, welche die Aequinoctialmeere durchschneiden und die zum Theil mit sehr hohen Gebirgen bedeckt sind, wird sowohl die Erwärmung der Erde als die Richtung der Luftströmungen sehr bedeutend abgeändert. Kämtz hat eine sorgfältige Untersuchung über die Modificationen der Passate auf dem Meere angestellt, indem er bei seiner Betrachtung drei große Meerbecken, von denen jedes die allgemeinen Gesetze etwas modificirt, unterscheidet: den großen Ocean zwischen Amerika im Osten und Asien nebst Neuholland im Westen; das atlantische Meer zwischen dem alten und neuen Continente und das indische Meer, als dessen westliche Grenze Afrika angenommen und dessen östliche Grenze erhalten wird, wenn man eine Linie von Japan nach Süden durch die Marianen und Neuguinea zieht und diese durch die nördliche und westliche Küste von Neuholland verlängert. Unter diesen großen Becken kommt der große Ocean dem vorhin angenommenen Zustande der Erdoberfläche am nächsten, weil er eine allseitig große Ausdehnung und nur an einzelnen Stellen Inseln von geringer Größe hat. Auf diesem Meere herrscht der NO-Passat in einiger Entfernung vom Lande zwischen dem Aequator und dem nördlichen Wendekreis ziemlich regelmäßig. Die nördliche Grenze liegt (als Resultat verschiedener von Kämtz zusammengestellter Beobachtungen) im Durchschnitte in 23° N. Br., im Sommer etwas weiter nördlich, im Winter wei-

ter südlich; und die südliche Grenze befindet sich bei 2° N. Br. Südlich vom Aequator findet sich auf demselben Meere der SO-Passat, dessen südliche Grenze Kämtz etwas näher am Aequator als die nördliche Grenze des NO-Passates annimmt, nämlich bei 21° S. Br., während seine nördliche Grenze bei 2 bis 4° S. Br. liegt. Im Zwischenraum zwischen beiden Passaten liegt die Region der größten Wärme, es steigt daher hier die Luft am mächtigsten senkrecht auf (um oben nach den Polen abzufließen) und die horizontale Richtung des Windes wird dadurch außerordentlich vermindert. Ueberdieß geht in der Nähe des Aequators der obere Strom nach den Polen noch so tief, daß er zum Theil dient, dem ankommenden Passatwinde entgegenzuwirken. Es herrschen in dieser mittleren Gegend daher keine Winde. Diese kommen vielmehr aus allen möglichen Richtungen und Windstillen wechseln mit heftigen Windstößen und Orcanen oder Tornados (vergl. d. Art Wetter S. 933). Kämtz nennt diesen Gürtel zwischen den Gegenden der Passate die Region der Calmen (v. d. franz. calmes, d. h. Windstillen). Da die Sonne nicht immer im Aequator stehen bleibt, sondern im Laufe des Jahres ihn nur zweimal passirt, übrigens aber entweder südlich oder nördlich von demselben steht, so ändert sich demgemäß die Region der größten Wärme, welches dann eine Verrükkung der Grenzen der Passat-Gegenden zur Folge haben muß.

Auf dem atlantischen Meere sind die Passate noch genauer bekannt. Die nördliche Grenze des NO-Passates liegt in der Mitte des Meeres ungefähr in in 28° und 30° N, die südliche Grenze im Mittel ungefähr 8° N. Die Region der SO-Passate liegt ungefähr zwischen 3° bis 28° oder 29° S. Br. Auf dem südlichen Theile des atlantischen Meeres scheinen jedoch die Winde auf einer Strecke von wenigstens 200 engl. Meilen öfteren Unregelmäßigkeiten ausgesetzt zu sein.*) Auch die Verrückung der Grenzen der Passatgegenden auf dem atlantischen Meere, welche von den Jahreszeiten abhängig ist, ist genau bekannt. Auf merkwürdige Weise äußert sich auch der Einfluß der umgebenden Ländermassen, welchen hier näher zu erörtern zu weit führen würde.

Im indischen Meere ist das Verhalten der Winde bei weitem verwickelter wegen der vielen Ländermassen, die hier von Einfluß sind. Nur in einem Theile des indischen Meeres tritt der Passat auf, während er sich in dem übrigen Theile desselben in Moussons umgestaltet. Ueber die allgemeinen Verhältnisse spricht sich Kämtz wie folgt aus. Im Westen des Meeres liegt, sich von SSW nach NNO erstrekkend, Afrika; alle Angaben, welche Ritter mit sorgfältiger Kritik zusammengestellt hat, deuten darauf, daß wir hier ein hohes Plateau haben, dessen Vorstufen am Zambeze und im Alpenlande Habesch genauer

---

*) Tuckey hatte z. B. südlich von 20° S. Winde, die jeden Augenblick wechselten und aus allen Gegenden des Horizontes kamen. Er suchte den Grund dieser Störung des Passats in der hohen Lage des benachbarten Festlandes.

erforscht sind. Nördlich von diesem Meere liegen Arabien und Persien, beide abgesonderte Plateaus von mäßiger Höhe bildend, beide in hohem Grade trocken, ohne Flüsse und nur dürftig mit Vegetation bedeckt. Südlich von den Sandwüsten an den Mündungen des Indus tritt plötzlich das Plateau Hindostan in dieses Meer, welches sich tief bis gegen Süden erstreckt, und in dessen Norden die mit ewigem Schnee bedeckte Kette des Himalaya, so wie das Hochland von Tibet liegen. Steil fällt Hindostan an der Westküste Malabar gegen das Meer, während das Gebirge an der Küste Coromandel sanfter ansteigt. Die Höhe des Plateau über dem Meere ist ziemlich gleichförmig, nur westlich von der Nordspitze Ceylons senkt sich dasselbe bedeutend und diese Senkung gibt zu localen Aenderungen der Winde Gelegenheit. Oestlich von dem bengalischen Meerbusen liegt das wenig bekannte Hinter-Indien; das Land erstreckt sich von hier im Allgemeinen nach NO, ein hohes Gebirge liegt nördlich vom chinesischen Meere, welches im Osten von der Kette der Philippinen begränzt wird. Im Süden und Osten der Halbinsel Malacca treffen wir große, zum Theil mit hohen Bergen bedeckte Inseln, von denen das vom Aequator durchschnittene Sumatra, Java, Borneo und Celebes die wichtigsten sind. Südlich von dieser Gruppe liegt Neu-Holland; das Innere desselben ist uns bisher unbekannt, aber der Mangel an Flüssen scheint darauf zu deuten, daß wir hier weder hohe Gebirge noch Hochländer zu suchen haben; die große Trockenheit der Winde fast an allen Küstenpunkten der Insel und welche sich schon 70 Meilen (100 lieues) von der Küste zeigt, macht es wenig wahrscheinlich, daß im Innern große Wassermassen vorhanden seien. — Da diese Länder sich sehr weit in die gewöhnliche Region der Passate erstrecken, so üben sie einen bedeutenden Einfluß auf ihre Richtung aus. Wenn auch die mittlere Jahreswärme in derselben Breite über dem Festlande und Meere gleich ist, so werden sich doch in den verschiedenen Jahreszeiten zwischen beiden sehr bedeutende Differenzen zeigen; durch die hohen Gebirge im Norden wird das Abfließen der obern Luftmassen entweder ganz gehindert, oder doch erschwert. — Beginnen wir unsere Betrachtung mit dem Januar, so ist um diese Zeit die Temperatur des südlichen Africa am größten, die von Asien am kleinsten; die Temperatur des nördlichen Theils vom indischen Meere größer, als die des Festlandes, aber geringer, als die des südlichen Theiles in gleicher Breite. Das Verhältniß der Temperaturen ist jetzt nahe eben so als auf unserm fingirten Meere, in beiden Halbkugeln finden wir östliche gegen die Region der größten Wärme gerichtete Ströme; es herrscht vom October bis zum April südlich vom Aequator der eigentliche SO-Passat, nördlich von jenem der NO-Passat, welcher hier der NO-Mousson heißt, und zwischen beiden liegt die Region der Calmen. Die nördliche Grenze des SO-Passats treffen wir dann etwas südlich vom Aequator. Kehrt hierauf die Sonne nach Norden zurück, so wird die Temperatur über dem Festlande und Meere nahe gleich, in der nördlichen Halbkugel wird sich kein allgemeiner Wind zeigen, wir treffen veränderliche Ströme und neben den Windstillen heftige Orcane, während der SO-Passat in dem oben angegebenen Raume

das ganze Jahr hindurch fortdauert. Wird endlich die nördliche Declination der Sonne bedeutender, dann steigt die Temperatur über Asien schneller, als über dem Meere, während sie in Neu-Holland und dem südlichen Africa sinkt. Im Julius und August, wo diese Wärmedifferenz am größten ist, finden wir daher in den untern Schichten über dem nördlichen Theile des Meeres Strömungen, welche im Allgemeinen gegen das Land gerichtet sind. Beachten wir die gegenseitige Lage der beiden großen Ländermassen, deren Temperaturdifferenz am größten ist, nebst dem Einfluße der Axendrehung der Erde, dann folgt von selbst, daß dieser Luftstrom im Allgemeinen aus SW kommen muß. Dieser SW-Mousson herrscht vom April bis zum October. Während also in dem südlichen Theile dieses Meeres das ganze Jahr der gewöhnliche Passat herrscht, treffen wir im Norden vom April bis October den SW-Mousson, vom October bis April den NO-Mousson.

Diese allgemeinen Verhältnisse sind nun aber wieder in manchen Gegenden mancherlei Veränderungen unterworfen. Die Zeit namentlich, in denen die Moussons wechseln, ist nicht in so genaue Grenzen eingeschlossen, wie angegeben wurde; sie hängt für jeden Ort von seiner Breite ab, und der Uebergang von dem einen Mousson zu dem andern erfolgt durch eine Zwischenzeit, in welcher Windstillen und veränderliche Winde wechseln. In den oberen Gegenden der Atmosphäre erfolgt dieser Wechsel eher, als in den niedriger gelegenen; drei bis vier Wochen, ehe an der Oberfläche des Bodens der Wechsel erfolgt, haben die höchsten Wolken eine Richtung, welche der des herrschenden Moussons entgegengesetzt ist und mit der des folgenden zusammenfällt. Die Gegend, in welcher der SO-Passat das ganze Jahr regelmäßig weht, liegt zwischen 12° bis 28° S. und im Januar entfernt sich die südliche Grenze dieses Passates um mehre Grade weiter vom Aequator.*)

Auf dem Festlande bemerkt man die regelmäßigen Winde nur darum nicht in eben der Art, wie auf dem Meere, weil hier zu viele Umstände die Regelmäßigkeit hindern, und den ursprünglichen Charakter der Luftströmungen verwischen. Die meisten Störungen werden durch die Gebirge veranlaßt. Daher treten in den weiten Ebenen der Tropengegenden beständige Winde mit größerer oder geringerer Regelmäßigkeit auf. Sehr auffallend treten solche Winde in der Sahara auf. Es ist sehr wahrscheinlich, daß südlich von der Sahara ein hohes Plateau liegt. Ist nun die Abweichung der Sonne südlich, so wird das Plateau stark erwärmt, während die Sahara so stark erkaltet, daß es sogar Eis friert. Bei nördlicher Abweichung der Sonne ist dagegen der Nordrand des Plateau und der südliche Theil der Wüste wegen der nassen Jahreszeit stark bewölkt und erkaltet daher sehr leicht, während die Luft über der Sahara so stark von der senkrecht über ihr ste-

*) Kämtz hat die interessantesten Beobachtungen über die Moussons, sowohl diejenigen im indischen Meere, als die entsprechenden Erscheinungen in andern Meeren auf höchst belehrende Weise in seiner Meteorologie Bd. I. zusammengestellt.

henden Sonne erwärmt wird, daß sogar Morgens um 5 Uhr das Thermometer 31° C. anzeigt. Hieraus folgt, daß bei südlicher Abweichung der Sonne NO-Wind, bei nördlicher dagegen SW Wind in der Sahara herrscht.

Es wurde mehrmals bemerkt, daß gleichzeitig mit den Passaten in den höheren Regionen Winde nach den Polen zu wehen. Diese SW- und NW-Ströme der höheren Regionen müssen desto mehr erkalten, je mehr sie sich von dem Aequator entfernen und wahrscheinlich senken sich diese Luftströme endlich zu Boden, indem an der Grenze beider Luftströme ein Streit besteht, in welchm endlich die oben gehenden Luftströme durch ihre Masse das Uebergewicht erhalten. Wo dieß nun eintritt, finden Stürme statt, wie sie viele Reisende an den Polargrenzen der Passate gefunden haben. Später zwischen 30 bis 40° wehen diese Winde so regelmäßig, daß die Schiffer häufig von einem SW-Passat auf der nördlichen und einem NW-Passat auf der südlichen Halbkugel sprechen. In dieser Halbkugel sind diese Winde regelmäßiger, als in jener, weil weniger Land störend auf sie einwirkt. Je weiter nach Norden wir kommen, desto weniger regelmäßig werden die Luftströmungen, in höheren Breiten scheinen wieder östliche Winde vorherrschend zu werden, und derartige Passate müßten dann einen ähnlichen Ursprung wie die erwähnten großen Passate haben.

Gewiß ist es, daß die tägliche Bewegung der Erde um sich selbst, oder w. d. die scheinbare Bewegung der Sonne um die Erde ähnliche Luftströmungen erzeugen muß, wie durch die klimatische Verschiedenheit entstehen, denn offenbar finden zwischen den von der Sonne beschienenen Orten und den nicht von ihr erwärmten Temperaturdifferenzen statt. Aber diese hier erzeugten Luftströmungen müssen sehr unbedeutend gegen die in den Passaten sich äußernden sein, weil die Temperaturdifferenz der Tageszeiten bei weitem geringer als die der Klimate ist. Denken wir uns die Sonne im Meridiane eines Ortes, so ist dieser erwärmter als die östlichern und als die westlichern Gegenden, es müssen daher Strömungen von beiden Seiten stattfinden, die sich aber eben so aufheben werden, wie dieses in der Gegend der Calmen geschieht. Steht dagegen die Sonne an dem östlichen oder westlichen Horizont, so wird stets eine Strömung der unteren Luft nach den wärmeren Orten merkbar werden, für welche die Sonne eben culminirt und so sind die kühlen Lüfte (schwachen Winde) erklärt, welche bei Aufgang und Untergang der Sonne aufzutreten pflegen. — Bedeutender tritt der Einfluß der Tageszeiten auf die Windbildung bei denjenigen Winden als modificirende Ursache auf, welche ihren Ursprung bleibenden Localverhältnissen verdanken. Da die Ursachen dieser Winde dieselben bleiben, so sind sie ebenfalls regelmäßig. Zu ihnen gehören namentlich Land- und Seewinde, die an Küsten, besonders innerhalb der Wendekreise auftreten, und welche von den Seefahrern schwache Winde oder Brisen genannt werden. Sie wehen zu verschiedenen Tageszeiten aus entgegengesetzten Richtungen und kehren täglich auf dieselbe Art wieder, wenn sie nicht von stärkern Winden verschlungen werden. Um das Phänomen, sagt Kämtz, in seiner einfachsten Gestalt zu übersehen,

denken wir uns in den Aequinoctialmeeren eine Insel von der Form eines Kreises und es wehe durchaus kein anderer weiter verbreiteter Wind. Wenn die Sonne einige Zeit nach dem Aufgange höher steigt, so erwärmt sie die Luft sowohl über dem Lande als über dem Meere, aber die Erwärmung des Landes ist stärker. Da die mittlere Temperatur über dem Lande und dem Meere nahe gleich ist, so wird sich diese Differenz erst nach der Zeit zeigen, wo die mittlere Temperatur am Morgen eintritt, also etwa um 9 Uhr. Durch die stärkere Erwärmung wird von der über dem Lande befindlichen Luftmasse ein Theil in den oberen Regionen abfließen und sich nach allen Seiten verbreiten; umgekehrt strömt die untere Luftmasse von allen Seiten gegen die Insel, es entsteht ein Seewind, dessen Richtung offenbar senkrecht auf der Küste stehen muß. Diese Brise zeigt sich erst dann, wenn der Unterschied zwischen den Temperaturen der Atmosphäre über dem Lande und über dem Meere bedeutender wird, also gegen 10 Uhr Morgens. Da die Wärmedifferenz anfänglich klein ist, so ist der Wind zuerst schwach, zeigt sich zunächst am Ufer und erstreckt sich erst nach und nach weiter ins Meer. So sah Marsden auf Sumatra, daß Schiffe einige (englische) Meilen vom Lande ganz ruhig lagen, während ein frischer Seewind am Ufer wehte; erst einige Stunden später fühlten jene die Einwirkung von diesem; eben dieses bemerkte Semeyns in Batavia. An der Küste Coromandel, in Pondichery, hat man dasselbe bemerkt. Die Stärke dieses Windes muß offenbar am größten sein zur Zeit der größten Tageswärme, also um etwa 2 bis 3 Uhr Abends. Wenn späterhin die tägliche Wärme sinkt, so wird der Unterschied der Wärme über dem Lande und Meere immer kleiner, bis endlich zur Zeit des Sonnenunterganges beide gleiche Temperatur haben. Es entsteht nun eine Windstille, aber späterhin erkaltet das Land stärker, die Luft der oberen Regionen strömt vom Meere gegen das Land, während nun ein senkrecht auf der Küste stehender Landwind um etwa 8 Uhr Abends anfängt, welcher nach und nach bis zum Aufgange der Sonne an Stärke zunimmt und gegen 8 Uhr Morgens verschwindet, worauf späterhin der Seewind aufs Neue beginnt.*)

---

*) Kämtz führt in Bezug auf die Land- und Seewinde folgende interessante Beobachtungen an. Diesen Wechsel zwischen Land- und Seewinden treffen wir auf allen Inseln und Küstengegenden zwischen den Wendekreisen, wofern sie nicht durch vorherrschende stärkere Winde ganz oder zum Theil aufgehoben werden. Dieses wird durch die Erfahrungen von Dampier, Forrest, J. R. Forster, Marsden, Semeyns und vielen andern Reisenden, deren Zeugnisse Romme gesammelt hat, bestätigt. Selbst in mittlern Breiten treffen wir diesen Wechsel noch öfter sehr regelmäßig, so nach Sieber auf Creta, nach Seignette bei Marseille, ja nach den sorgfältigsten Untersuchungen von Brandes scheint dieser Wechsel sich noch in ganz Italien zu zeigen. So weht der Wind in Padua am Morgen aus N, Mittags und Abends wird er südlich oder westlich, in Bologna weht am Morgen O, am Mittag und Abend W, und ein ähnliches Verhalten

Durch unveränderliche locale Verhältnisse können Winde auf mannigfache Weise erzeugt oder in ihrer Richtung bedingt werden. So

---

zeigt sich in Rom. Sogar an der Ostküste Grönlands fand Scoresby bei sonst windstillem heiteren Wetter Spuren dieses Wechsels. — Auch mitten im Lande finden wir an größeren Seen einen solchen Wechsel, wie dieses schon Haller an den Schweizerseen, Ellicot zu Presqu'ile am Eriesee, Martens auf dem Gardasee, Schübler auf dem Bodensee und verschiedene Beobachter in andern Gegenden gefunden haben. Die Temperaturdifferenz in verschiedenen Höhen kann sogar Ursache werden, daß sich auf Ebenen in der Nähe von Gebirgen ein ähnlicher Wechsel zeigt. Als Buckingham im Junius durch die turkomanische Ebene von Bir nach Orfah zog, hatte er während des Tages heftige N-Winde, welche von dem mit Schnee bedeckten Rücken des Taurus herab kamen, während die Nacht windstill war. Auch in Ungarn soll sich zuweilen ein ähnlicher Wechsel zeigen. Wofern kein stärkerer Wind in einer Gegend vorherrschend ist, stehen beide Winde senkrecht auf der Küste und haben ungefähr gleiche Stärke; sind aber solche Strömungen vorhanden, oder ist der Umriß der Küsten unregelmäßig, dann wird Richtung und Stärke mannigfach modificirt. In der Nähe des Aequators sind im großen Oceane Ostwinde vorherrschend, dieses ist Ursache, daß der Seewind an der Ostküste der Inseln weit stärker ist, als der Landwind, während auf der Westküste das Gegentheil stattfindet. Ist die allgemeine Richtung der Küste gegen den herrschenden Wind geneigt, dann stehen die Brisen keineswegs senkrecht auf ihr, es entfernt sich vielmehr der Wind am Morgen ein wenig, dann immer mehr von der Richtung des herrschenden Windes, bis er etwa 3 Uhr Abends der auf der Küste senkrecht stehenden Linie am nächsten kommt, und hierauf kehrt er allmälig in seine frühere Lage zurück. So herrscht bei der von NW nach SO gestreckten Insel Sumatra mehrere Monate hindurch ein NW-Wind; nach der Richtung des Landes sollte der Seewind aus SW, der Landwind aus NO kommen, aber es zeigt sich eine aus NW und SW oder NW und NO zusammengesetzte Richtung, und daher geschieht es, daß auf einen Landwind aus N ein Seewind aus W folgt, wie sich dieses mit Leichtigkeit aus dem Parallelogramm der Kräfte ergibt. Eben so herrscht auf der von O nach W gerichteten Küste in der Nähe der Campechebay in Südamerika im Allgemeinen ONO., die Brisen, welche nach der Richtung der Küste N und S sein sollten, kommen aus NO und SO. Bei Batavia, wo im Junius und Julius ein ziemlich starker Ostwind herrscht, kommt der Landwind zur Zeit seiner größten Stärke aus SO oder SSO, geht allmälig in den herrschenden O, entfernt sich aber nach einiger Zeit von diesem, bis der aus NO oder NNO kommende Seewind am stärksten ist, worauf er allmälig nach O. zurückkehrt. Im December und Januar, wo dort ein allgemeiner W herrscht, findet eine eben solche Oscillation zwischen dem Landwinde aus SW und dem Seewind aus NW statt. Gewiß aber ist es, daß sich in diesem Falle die Brisen nie bis zu einer bedeutenden

z. B. modificiren die Gebirge die Richtung der Winde durchaus, indem sie dieselben in ihrer ursprünglichen Richtung aufhalten und zu Einschlagung einer neuen Richtung zwingen. Am auffallendsten tritt dieses in Thälern und Schluchten hervor, welche jeden gegen ihre Windung treffenden Wind zwingen, durch sie in ihrer eigenthümlichen Richtung hindurch zu gehen. In dem von NO nach SW gerichteten Thale von Genf z. B. kommen fast alle Winde entweder aus SW oder NO. Eine wirklich Wind erzeugende Wirkung üben zum Theil Orte aus, die von Natur einen eigenthümlich niedrigen Temperaturgrad besitzen. Schon die Alten betrachteten hohe Gebirge als den Sitz der Winde, und jedenfalls werden durch die kalten Schnee- und Eismassen der Gebirge Luftströmungen veranlaßt. Ueberdieß fangen die Gebirge auch die gegen sie wehenden Stürme auf, zwingen sie eigenthümliche Richtungen nach dem Gange ihrer Schluchten und Thäler, in denen sich wohl auch ihre Heftigkeit ganz in derselben Art steigert, wie dieses bei Flüssen geschieht, wenn große Wassermassen in enge Ufer zusammengezwängt werden, anzunehmen, und ergießen sie dann in die vor

---

Höhe erstrecken, dieses geht wenigstens daraus hervor, daß sich die Wolken stets mit dem allgemein herrschenden Winde bewegen. — Auch die Stärke dieser Winde wird durch die Configuration der Küsten mannigfach modificirt. An Vorgebirgen, namentlich wenn sie sehr weit in die See vorspringen, ist der Landwind unbedeutend oder fehlt ganz, während der Seewind weit stärker ist. Das Gegentheil findet in Meerbusen Statt. In den oberen Regionen strömt in den genannten Gegenden Luft von allen Seiten hinzu; da also unten Luft nach allen Seiten abfließen muß, so wird diese Bewegung nur sehr schwach sein, da die ohnehin geringe Kraft nach allen Seiten wirken muß. Wenn dagegen umgekehrt ein Landwind in den Meerbusen kommt, so bilden die Richtungen der partiellen benachbarten Winde spitze Winkel; die Resultirende aller einzelnen Kräfte erreicht also eine bedeutende Größe, und eben dieses gilt von den Seewinden in der Nähe der Vorgebirge. Reisende haben uns eine große Zahl von Fällen dieser Art mitgetheilt, hier möge es genügen, einige derselben zu erwähnen. Am nordöstlichen und südöstlichen Theile von Jamaica sind zwei Vorgebirge, an denen die Landwinde zu den Seltenheiten gehören; Schiffer, die durch den Mangel derselben öfter in Verlegenheit gekommen sind, halten sie für den Sitz böser Dämonen; am Cap Pedro auf Jamaica stiegen mehrmals Expeditionen ans Land, um den hier hausenden Dämon zu tödten. An der Westküste Amerika's fand Dampier, welcher diese Gegenden mehrmals besuchte, am Cap Passao, St. Laurence, Cap Blanc nie Landwinde, obgleich er sie an der Zwischenküste traf. In den Meerbusen dagegen sind die Landwinde desto lebhafter. So sind dieselben nach dem Zeugnisse des vielgewanderten Dampier in der Campechebay zwischen dem gebirgigen Cap St. Martin und Condecedo stärker als an einem andern ihm bekannten Punkte; möglich jedoch, daß hier die Stärke außer dem oben gegebenen Grunde durch von den Bergen in die Tiefe sinkende Ströme vermehrt wird.

ihnen sich ausbreitende Ebene. So erscheint z. B. auf großen Binnenseen und Flüssen häufig ein Wind, der aus einem von hohen Bergen eingeschlossenen Seitenthale kommt. Besonders zeichnen sich jedoch in dieser Beziehung Gebirge aus, welche in der Nähe des Meeres liegen. So ist z. B. die Küste Norwegens durch heftige Stürme bekannt, welche in Finnmarken oft so heftig sind, daß man sich außerhalb der Häuser nicht aufrecht erhalten kann. Besonders merkwürdig ist der Einfluß großer Eismassen auf dem Meere. Scoresby erzählt, daß, wenn ein Wind gegen große Flächen festen Eises oder gegen eine dichte Masse von Eisstücken (Packeis) zuweht, ein anderer vom Eise herkommender Wind ihm gleichsam das Gleichgewicht halte und selbst dem Sturme, gleichsam ihm widerstreitend, sich entgegensetze und seine Heftigkeit mäßige. Es ist offenbar, daß es hier wieder die kältere Luft ist, die von jenen Eismassen her an der Erde abwärts fließt, und es ist zu vermuthen, daß höher hinauf die wärmere Luft, die schon bei stillem Wetter gegen das Eis zuströmen muß, bei Stürmen mit vermehrter Gewalt zudringen mag und jenen Kreislauf fortwährend erhält, weil sie als erkaltete Luft wieder in die tieferen Schichten zurückströmt. Hieraus läßt sich die stundenlange Dauer jenes Kampfes beider Winde, den man bis auf eine halbe oder ganze (englische) Viertelmeile weit entdeckt, wo bald der eine, bald der andere das Uebergewicht erhält, wohl erklären. Es ist auch klar, warum ein gegen das Eis zu gerichteter Sturm so sehr an Kraft verliert, daß er an der andern Seite des Eises gar nicht, oder erst nach Verlauf einiger Stunden gespürt wird.

Ein Beispiel von der winderzeugenden Kraft vorübergehender örtlicher Verhältnisse gibt endlich die Thatsache, daß wir an ziemlich heiteren Tagen, wo nur einzelne Wolken zuweilen die Sonne verdecken, sogleich einen kalten Wind fühlen, wenn die Sonne durch eine Wolke verdeckt wird. Die Richtung desselben ist mit der Richtung des überhaupt zu dieser Zeit herrschenden Windes, welcher gemäß auch die Wolken fortziehen, einerlei, und es hat daher gar nicht das Ansehn, als ob dieser Wind von der Wolke ausginge. Es ist hier, wie Kämtz bemerkt, der Vorgang genau derselbe, als bei den Land- und Seewinden. Wenn die Luft nahe über der Erde ziemlich erhitzt ist, und man stellte nun einen Körper vor die Sonne, der einen beträchtlichen Raum beschattet, so würde es hier sogleich kälter. Offenbar würde oben ein Zuströmen der warmen, unten ein Abfließen der kalten Luft stattfinden. So würde es sich verhalten, wenn die Wolke plötzlich vor die Sonne gerückt würde. Denken wir uns nun aber die Wolke fortrückend, z. B. durch den Wind von Westen fortgetrieben, so ist, indem die östliche Grenze des Schattens mich erreicht, die lange beschattete Luft westlich von mir allerdings auffallend kälter, und der Luftstrom wird an dieser Seite des Schattens ganz so stattfinden, wie vorher, d. h. ich werde einen verstärkten Westwind empfinden; an der westlichen Grenze des Schattens dagegen kann kein von dem Schatten abwärtsgehender Wind bemerkt werden, da die eben erst aus dem Schatten austretende Erdfläche sich noch nicht erwärmt hat, und also hier höchstens eine geringe,

vielleicht kaum eine merkbare Schwächung des Westwindes, wegen des bei so geringem Temperaturunterschiede kaum bemerkbaren Gegendruckes der kälteren Luft, stattfinden kann. So fühlen wir also eine Verstärkung des Windes, welcher die Wolke fortreibt, vorzüglich in dem Augenblicke, wo ihr Schatten uns zu bedecken anfängt. Befände der Beobachter sich da, wo die südliche Grenze jenes Schattens hinfällt, so müßte der Westwind bei ihm ein wenig nordwestlich werden, so wie der Beobachter, welcher den Schatten an seiner Südseite vorbeigehen sieht, einen etwas nach Süden abweichenden Westwind empfinden muß. — Ist dieses schon bei kleinen Wolken und heiterem Himmel der Fall, so wird sich das Phänomen noch weit auffallender zeigen, wenn es aus der Wolke wie bei Regenschauern regnet, indem hier die Luft durch den aus der Höhe kommenden Regen und andere Umstände bedeutend erkaltet wird. Manchmal sieht man, wie sich eine Regensäule über eine Ebene oder in einem Thale langsam hinzieht, der Wind geht vor ihr her, er hört bei ihrer Ankunft auf, erhebt sich von neuem, wenn sie vorbei ist, und bläst jederzeit aus dem Mittelpunkte des Raumes, den die Säule einnimmt.

Ueber die Winde auf dem Festlande lassen sich nur ganz allgemeine Betrachtungen anstellen, und mittlere Bestimmungen aus einer Menge einzelner Beobachtungen sind zwar allenfalls für einzelne Orte in Bezug auf ihre Lage charakteristisch, sobald man die Einflüsse vorübergehender Ursachen außer Rücksicht gelassen, können aber, um allgemeine Schlüsse auf das Verhalten der Winde in ganzen Ländern zu machen, schwerlich auf erfolgreiche Weise benutzt werden, weil der Einfluß unveränderlicher Oertlichkeit an den einzelnen Orten allzugroß ist. Indeß hat auch in dieser Beziehung namentlich Kämtz interessante Untersuchungen angestellt, die ihren Hauptresultaten nach anzuführen sind. In Bezug auf den Einfluß der Jahreszeiten auf die Winde findet Kämtz aus einer Zusammenstellung von Beobachtungen, deren Resultate an den meisten Orten Europas mehr oder weniger übereinstimmen, folgende zum Theil schon von Schouw angegebene Gesetze. Im Winter ist die Richtung der Luftströmung meistens südlicher als im Durchschnitte des Jahres; die Stärke dieser Luftströmung ist im Januar, an vielen Orten auch im Februar, am größten. — Im Frühlinge an manchen Orten im März, an andern im April, erheben sich häufig Ostwinde, welche die Stärke der westlichen Luftströmung sehr vermindern, so daß diese an allen Orten weit geringer ist, als im jährlichen Durchschnitte; das Verhältniß der nördlichen Winde zu den südlichen ist weniger bestimmt, an einigen Orten ist es größer, an andern geringer, als im jährlichen Durchschnitte, so daß die Luftströmung im Frühlinge bald nördlich bald südlich von der jährlichen liegt. — Im Sommer, namentlich im Julius, wehen die Winde vorzugsweise aus W, das Uebergewicht der westlichen Winde über die östlichen erreicht dann das Maximum, zugleich werden die nördlichen Winde häufiger, so daß die Luftströmung in dieser Jahreszeit nördlich von der mittleren liegt. — Im Herbst nimmt das Uebergewicht der westlichen Winde ab, dagegen nehmen die südlichen Winde, namentlich im October sehr schnell zu, der-

gestalt, daß an vielen Orten die Luftströmung näher an Süden liegt, als in irgend einem andern Monate. — Die Ursache dieser Abhängigkeit der Windrichtung von den Jahreszeiten liegt in den Temperaturdifferenzen benachbarter Gegenden. Im Allgemeinen ist die Luftströmung in Europa westlich oder südwestlich, es ist dieses der in höheren Breiten herabsinkende SW-Passat. Im Winter aber ist bei einerlei Breite das Innere des Continentes kälter als die Luft über dem Meere, dadurch entstehen in Europa östliche Winde, welche die Stärke der südlichen Luftströmung etwas schwächen. Erst einige Zeit nachdem die Temperaturdifferenz am größten war, wehen die Ostwinde mit größter Stärke, sie heben einen großen Theil der Westwinde auf, und größer als in einer andern Jahreszeit ist das Verhältniß der östlichen Winde zu den westlichen. So wie die nördliche Declination der Sonne aber größer wird, so steigt die Wärme über dem Festlande weit schneller als über dem Meere, daher werden in den untern Regionen der Atmosphäre häufig vom Meere kommende Westwinde wehen; das Verhältniß der westlichen Winde zu den östlichen ist im Sommer am größten, die Stärke der vorherrschenden Luftströmung erreicht dann ihr Maximum. Zugleich aber ist die Richtung dieser Strömung nach Norden gegangen, offenbar weil die kältesten Luftmassen alsdann in NW liegen, und die Winde also vorzugsweise aus dieser Gegend kommen.

Durch Zusammenstellung der in verschiedenen Gegenden beobachteten Windverhältnisse ergibt sich daß allenthalben in der nördlichen Halbkugel die W-Winde die vorherrschenden sind. Nur Finnland und Italien machen von dieser Regel in sofern eine Ausnahme, als in Finnland die Richtung vielleicht wegen des bottnischen Meerbusens mehr südlich, in Italien durch die von den Alpen kommenden Winde mehr nördlich ist. An den meisten Orten der nördlichen Halbkugel sind nach den SW- und W-Winden, nach Dove die NO-Winde die häufigsten und zwar unverhältnißmäßig häufiger als Winde aus Richtungen zwischen den angegebenen. Man kann im Allgemeinen zwei vorherrschende Winde in der nördlichen Halbkugel annehmen, nämlich um sie kurz zu bezeichnen, SW- und NO-Winde; jener hat aber über diesen das Uebergewicht. Näher geht die Art dieses Verhältnisses aus der nachstehenden Tafel hervor, in welcher die Zahlen der ersten beiden Columnen, wie oft der Wind geweht habe und die Zahlen der dritten Columne das Uebergewicht der SW-Winde über die NO-Winde angeben.

Ort.	SW.		NO.		Unterschied.
Penzance	SW.	0,149	NO.	0,120	0,047
Gosport	W.	210	O.	140	070
London	SW.	254	NO.	147	107
Cork	W.	220	O.	140	080
Manchester	SW.	390	NO.	100	290
New-Malton	S.	220	N. und NO.	150	070
Lancaster	SW.	260	NO. und O.	100	160
Kendal	SW.	380	NO.	220	160

Ort.	SW.		NO.		Unterschied.
Keswick	W.	0,240	O.	0,150	0,090
Clunie Manse	W.	220	O.	140	080
la Rochelle	SW.	274	NO.	270	004
Denainvilliers	SW.	311	NO.	193	018
Paris	W.	190	N.	127	063
Montmorenci	SW.	161	N.	181	—0,020
Toulouse	W.	260	SO.	244	016
Utrecht	W.	211	O.	145	066
Amsterdam	SW.	220	O.	150	070
Woringen	W.	162	O.	117	045
Stuttgardt	SW.	276	O.	271	005
Carlsruhe	SW.	395	NO.	250	145
Mannheim	SW.	160	NO.	124	036
München	W.	318	O.	179	139
Ander	W.	325	O.	150	175
Tegernsee	NW.	243	SO.	178	065
Peißenberg	W.	233	O.	129	104
Regensburg	NW.	210	SO.	150	060
Würzburg	W.	214	O. (?)	096	119
Prag	SW.	244	....		...
Erfurt	W.	262	O.	184	078
Göttingen	S.	170	N.	100	070
Halle	W.	252	O.	082	170
Sagan	SW.	246	NO.	122	124
Berlin	W.	214	O.	128	086
Hamburg	W.	240	O.	120	120
Curhaven	SW.	200	O.	130	070
Lüneburg	W.	270	....		...
Copenhagen	W.	186	O.	118	068
Christiansöe	W.	200	SO.	120	080
Skagen	SW.	220	N. und NO.	120	100
Apenrade	W.	180	O.	170	010
Hofmannsgave	SW.	200	....		...
Viborg	SW.	300	SO.	160	140
Steen's Leuchtthurm	SW. und NW.	180	SO.	150	030
Söndmör	W.	300	N.	150	150
Stockholm	W.	190	....		...
Upsala	SW.	261	NO.	113	148
Wexiö	SW.	217	....		...
Abo	SW.	187	NO.	147	040
Lajhela	S.	184	N.	154	030
Uhleaborg	S.	203	N.	150	053
Petersburg	W.	180	O.	130	050
Moscau	NW.	238	SO.	165	073
Wilna	W.	254	SO.	186	068
Ofen	NW.	263	....		...

Wenn nun angenommen wird, daß es zwei Hauptwinde auf der nördlichen Halbkugel gibt, welche im beständigen Kampfe mit einander, liegen, so wird bald der eine bald der andere dieser Winde die Oberhand erlangen, oder es werden sich wohl auch Winde durch Zusammensetzung beider Richtungen bilden. Dove hat nun gezeigt, daß wenn in einer Gegend der SW, in einer anderen der NO herrsche, mehre

Zwischenrichtungen entstehen müssen. Stellen wir uns vor, daß zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung neben einander fortfließen (Fig. 448.), so werden sie da, wo sie sich berühren, einander hemmen und nothwendig Wirbel erzeugen. Bezeichnen wir den südwestlichen Strom mit a, den nordöstlichen mit b, und berühren sich beide in der Trennungslinie cd, so werden hier nothwendig Wirbel entstehen, welche sich fast bis zur Mitte beider Ströme erstrecken; die Windrichtungen, welche durch die Pfeile bezeichnet werden, sind dann von der Mitte des südwestlichen Stromes SW, W, NW, von der Mitte des nordöstlichen Stromes NO, O, SO. — Gehen wir über die Mitte des nordöstlichen Stromes nach Osten, so würden, wenn sich jenseits des Stromes b ein neuer südöstlicher Strom e befände, die Wirbel von der Mitte des Stromes b bis zur Grenze von e geschehen in dem Sinne NW, N, NO, von der Grenze beider Ströme bis zur Mitte von e in der Richtung SW, S, SO. Nun glaubt Dove, daß über die beiden Continente der alten und neuen Welt auf der nördlichen Halbkugel zwei nördliche Ströme gehen, über die zwischenliegenden Oceane zwei südliche; bezeichnen wir dann die beiden südwestlichen mit a und e, die beiden nordöstlichen mit b und f, dann ist die Drehung des Windes von der Mitte von a bis zu der von b und von e bis f in der Richtung S, W, N, O, S; von der Mitte von b bis zu der von e und von f bis a in der Richtung S, O, N, W, S. Bis jetzt ist freilich die Existenz vorherrschender nördlicher Ströme im Innern der Continente noch durch keine Erfahrung erwiesen, jedoch verstattet das vorher Gesagte die Annahme, daß in der nördlichen Halbkugel in einer Gegend der SW, in einer andern östlich oder westlich liegenden der NO-Wind herrsche; Temperaturdifferenzen, welche zum Theil durch Hydrometeore bedingt werden, sind Ursache, daß in einer Gegend der Halbkugel der SW, in einer andern der NO vorherrscht, und so kann ein mehrfacher Wechsel dieser Ströme in derselben Halbkugel angetroffen werden, ohne daß wir nöthig haben, zwei bestimmte Ströme jeder Art anzunehmen. — Wenn die Grenze, welche beide Ströme, den SW und NO trennt, allmählig weiter nach Osten oder Westen rückt, so wird sich die Windrichtung an demselben Orte allmählig ändern. In höheren Breiten, wo auf dem atlantischen Meere der herabsinkende SW-Passat weniger durch die Unebenheiten des Bodens aufgehalten wird, weht dieser westlich von dem Beobachter, während östlich von demselben der NO-Wind weht. Rückt die Grenze dieser Winde allmählig nach Westen, und befand sich der Beobachter anfänglich in der Mitte des südwestlichen Stromes, so wird der Wind allmählig von SW nach W, NW und N gehen, bis der Beobachter sich in der Mitte des NO-Stromes befindet. Aber allmählig tritt der SW-Strom in den höheren Regionen der Atmosphäre ein, es entstehen Wirbel, Wolken kommen, namentlich aus W und SW, während die Windfahne unten noch NO, häufiger O angibt. Indem dieser SW-Wind sich immer tiefer senkt und den NO-Wind zurückdrängt, geht der Wind allmählig nach S, bis endlich der S-Wind das Uebergewicht erhält. Begreiflich aber ist es, daß bei diesen Uebergän-

gen der Wind viele Sprünge machen, und in kurzer Zeit aus verschiedenen Richtungen wehen wird, zumal wenn beide Winde eine bedeutende Stärke haben. Es kann dann geschehen, daß der Wind sich nicht dem gewöhnlichen Gesetze zufolge allmählig durch W nach N bewegt, sondern öfter zurückspringt. Die an dem Uebergange der Ströme entstehenden Wirbel müssen nämlich nothwendig zugleich in der Richtung des Stromes fortrücken, und können daher nur selten vollständig an einem Orte beobachtet werden. Das Fortfließen des Wirbels und die Aufeinanderfolge neuer wird sich also darstellen als ein Zurückspringen des Windes, desto häufiger, je größer die Geschwindigkeit desselben ist.

In Europa muß sich der Wind vorzugsweise in der Richtung von S durch W nach N drehen. Die über das Meer kommenden SW-Winde sind feucht, und bringen daher in der Regel nasses Wetter; der NO dagegen ist trocken, und daher pflegt derselbe schönes Wetter zu bringen. Erfolgt die Drehung regelmäßig, so folgt in der Regel auf nassen Westwind trockenes Wetter. Die Schiffer haben den Glauben, daß wenn sich der Wind in der angegebenen Richtung drehe, auf Stürme ruhiges Wetter folge. Die Beobachtungen in Europa und in den Vereinigten Staaten stimmen über jene Richtung der Drehung überein, und namentlich wird bemerkt, daß in dem Staate Missuri der Wind in steten Widerholungen innerhalb 10 bis 20 Tagen alle Striche des Horizonts durchlaufe, und zwar stets in der Folge, daß er von O durch S nach W und durch N nach O geht; ein entgegengesetzter Lauf ging nach den Beobachtungen nie durch.

Die Beschaffenheit der Winde, ob sie feucht, trocken, kalt oder warm sind, hängt davon ab, von wo die Luftmassen, welche sich im Winde ergießen, ihren Ursprung herleiten.*) Am interessantesten sind die heißen Winde, die von sandigen Ebenen kommen, auf denen keine Pflanzen wachsen, und die zum Theil selbst feinen heißen Sand mit sich führen. Treffen sie den Körper des Menschen, so wird die feuchte Haut desselben durch die heiße trockne Luft schnell getrocknet, und dieß bewirkt anfänglich eine angenehme Kühlung, welche von der Verdunstung (s. d. Art.) herrührt, bald aber wird die Haut völlig trocken sein, und die Hitze unleidlich empfunden werden, ja die Haut kann bis zum Bersten trocknen. Daher pflegen sich die Neger die Haut mit Fett einzureiben, wenn der heiße Wind weht, damit die Haut nicht springe, und die arabischen Hirten beschmieren sich aus demselben Grunde den Körper

*) Die Nordwinde bringen in Europa aus bekannten Ursachen Kälte, die Südwinde Wärme, die Westwinde gehören zu den warmen Winden, weil die Luft der westlichen Gegenden durch den Einfluß des tropischen Continentes mehr erwärmt wird, als die in östlichen Regionen. In Wien bringt der Nordwind die größte Kälte und im Sommer eine oft erwünschte Abkühlung, der Nordwestwind ist mehr trocken als feucht, der Westwind bringt die meisten Gewitter und abwechselnd bewölkten Himmel und heiteres Wetter, der Südwestwind und der Südwind Feuchtigkeit, der Südostwind und der Ostwind Trockenheit (Baumgartner).

mit Schlamm. In den meisten Gegenden des Orients, namentlich in Persien und Arabien wird der heiße Wind, welcher über die Wüsten Asiens und Afrikas kommt, Samum oder Bahd=Samum (d. h. arab. giftiger oder heißer Wind), Samiel (von Sam Gift und Yel Wind), in Aegypten Chamsin (d. h. funfzig, weil er besonders in den 50 Tagen vom 29. April bis zum 18. Juni auftritt), genannt. Die Neger nennen den heißen Wind Harmattan (d. h. Talgwind, nach der angegebenen Sitte der Neger), welcher derselbe Wind wie der Samum ist. Die Nachrichten von diesen Winden sind von einigen Reisenden sehr übertrieben worden, wozu der Umstand Veranlassung gegeben haben mag, daß die Beduinen, welche die Karawanen durch die Sahara leiten, so wie die Kaufleute aus Eigennutz schreckhafte Nachrichten von demselben verbreiten. Er scheint nur durch seine Hitze nachtheilig und gefährlich zu werden, aber keine giftigen Bestandtheile mit sich zu führen. Der feine Sand, den er mit sich führt, macht ihn für Menschen und Thiere unbequem. Gefährlich wird er durch seine Hitze, indem diese dem Reisenden das Wasser in den Schläuchen, welche sie bei sich führen, austrocknet, denn die Verdunstung soll beim Samum noch einmal so schnell als bei anderen Winden erfolgen. Ehe der Samum ankommt, erscheint der Horizont dunkel, der Himmel verliert endlich alle Helligkeit, die Sonne wird glanzlos und wirft keinen Schatten mehr, die Thiere irren ängstlich umher; die ganze Landschaft gewährt einen Anblick etwa der Art, wie wenn man durch ein hellgelbes Glas sieht. Die Hitze des Windes ist oft sehr bedeutend, so erzählt Burkhardt, daß bei einem heftigen Chamsin, den er beobachtete, das Thermometer auf 49°,4 C. stand. Am Rande der Wüste kommt der heiße Wind aus der Wüste; in Unter=Aegypten aus SSW und SW; in Tor am Meerbusen von Suez aus NO (aus dem steinigten Arabien); in Mecca aus O (aus der Wüste Nedsched); in Surate aus N; in Bassora aus NW; in Bagdad aus W; in Syrien aus SO (also hier überall aus den Wüsten westlich vom Euphrat); bei Benown aus NO (aus der Sahara); eben daher am Senegal; an der Guineaküste hat er in verschiedenen Gegenden gleichfalls verschiedene Richtungen, er weht an der Goldküste aus NO, am Cap Lopez und dem Strome Gabbon aus NNO, auf der Insel Los, (etwas nördlich von Sierra Leone) aus OSO.

Mit Uebergehung der heißen Winde, welche noch an vielen Orten der Erde wehen (z. B. in Hindostan, in der Hochebene Kobi, in Paramatta, in Louisiana, im südlichen Rußland, in Andalusien der Solano), erwähne ich nur noch den bekannten Sirocco in Italien. Im Allgemeinen bezeichnet Sirocco jeden SO=Wind, besonders aber den heißen Wind. Brydone erzählt, daß ihn, als er in Palermo bei einem solchen Winde die Thür seines Zimmers öffnete, derselbe wie der Broden aus einem glühenden Ofen auf das Gesicht fiel. In einer freien Laube war die Wärme unerträglich, das Thermometer stieg hier auf 45° C.; als aber der Wind aus der See kam, wurde es plötzlich kühl. Zu der Zeit eines Sirocco läßt sich in Palermo niemand auf der Straße sehen, und derselbe hinterläßt eine Ermattung, welche aber

bei dem bald darauf folgenden Nordwinde wieder verschwindet. Auf die Gesundheit scheint er keine üblen Folgen zu haben. Gewöhnlich nimmt man an, daß die heißen Winde Italiens und Spaniens aus Afrika kämen, Kämtz leitet aber die Hitze dieser Winde von den Ebenen Andalusiens und den trockenen Felsen Siciliens ab.

Zu den merkwürdigsten und am schwersten zu erklärenden Windphänomenen gehören die Wirbelwinde, bei denen eine Luftsäule sich fortbewegt, indem sie um ihre verticale Axe drehende Bewegungen beschreibt. Im Kleinen tritt diese Erscheinung sehr häufig auf, und wenn sie größer wird, gibt sie zu den Tromben Veranlassung, von welchen im Art. Wasserhose geredet wird.

Wismuth (Markasit, Aschblei), ein schon den Alten (die es jedoch häufig mit Zinn, Blei und Antimon verwechselten) bekanntes schweres unedles Metall, Agricola erwähnt es zuerst 1529, dann untersuchten es Stahl, Pott, Geoffroy u. A. genauer im 18ten Jahrhundert. Es findet sich in der Natur nicht allzu häufig, und dann meist gediegen, jedoch auch als Wismuthglanz, Kupferwismuthglanz, Kupferwismutherz, Nadelerz, Silberwismutherz, Wismuthocher. Das Metall selbst ist eine silberweiße, ins Röthliche spielende, ziemlich glänzende, bisweilen irisirende Substanz von 9,83 — 9,85 specif. Gewicht, welche in regelmäßigen Octaëdern und Würfeln krystallisirt. Es ist ferner ziemlich hart, spröde, pulverisirbar, jedoch, wenn man es vorsichtig hämmert, auch ein wenig dehnbar; schmilzt lange vor dem Glühen bei 198° R., dehnt sich beim Erstarren beträchtlich aus, und verflüchtigt sich in der Weißglühhitze. Als vornehmste Verbindungen des Wismuths mit andern Körpern sind zu nennen: mit Sauerstoff, einzige Verbindung das Wismuthoxyd, ein gelbes, beim Erhitzen vorübergehend pomeranzengelb und braun werdendes Pulver, welches in der Rothglühhitze zu einem grünlichgelben Glas von 8,21 specif. Gewicht zusammenschmilzt, sich erst in starker Weißglühhitze verflüchtigt, dabei geschmacklos, und im Wasser unlöslich ist. Die sogenannten Wismuthblumen, ein gelblich weißes, lockeres Pulver, sind nichts anderes als dieses Oxyd, das Product des bis zum Weißglühen an der Luft erhitzten Wismuthmetalls. Mit Wasser bildet dieses Oxyd das Wismuthoxydhydrat, ein weißes, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver, welches beim Erhitzen das Wasser wieder fahren läßt, mit Säuren die Wismuthoxydsalze, farblose, im Wasser theils lösliche, theils unlösliche Körper, welche durch reine und kohlensaure Alkalien, so wie durch blausaures Eisenoxydulkali weiß, durch Gallustinctur gelb, durch Hydrothionsäure und hydrothionsaure Alkalien dunkelbraun, und durch Kupfer, Kadmium und Zink metallisch gefällt werden. — Mit Stickstoff verbunden erscheint das Wismuth als basisch salpetersaures Wismuthoxyd (Wismuthweiß, spanisches Weiß), ein zartes, blendend weißes aus höchst feinen seidenglänzenden Nadeln bestehendes Pulver, welches fast geschmacklos, sehr schwer löslich im Wasser, leicht löslich in Salpetersäure und Salzsäure ist, wenn es erhitzt wird, reines Oxyd hinterläßt, und am Lichte

grau wird, was nach Klaproth von Silbergehalt herrühren soll. — Dieses Wismuthweiß dient theils in der Medicin zum innerlichen Gebrauch, theils geht es im Handel als Schminke. — Mit Chlor verbindet sich das Wismuth auf ähnliche Weise, wie das Antimon, zu sogenannter Wismuthbutter, einer bräunlichen oder graulichweißen krystallinischen, leicht schmelzbaren flüchtigen Substanz, welche sich durch Zusatz von Wasser in salzsaures Wismuthoxyd verwandelt, und dieses wieder mit vielem Wasser versetzt in basisches salzs. Wismuthoxyd, ein zartes, schneeweißes, im Wasser unlösliches Pulver, welches früher unter dem Namen Magisterium Marcasitae bekannt war, auch noch zum Theil unter dem Namen spanisches Weiß im Handel geht. — Die natürliche Verbindung des Wismuths mit Schwefel zu Wismuthglanz ist schon oben erwähnt. Der künstlich durch Zusammenschmelzen bereitete erscheint als bleigraue, strahlige Masse, welche schwerer schmelzbar als das Metall, sich beim Erstarren noch weit mehr als dieses ausdehnt. Von den Verbindungen des Wismuths mit Kohlenstoff ist nur zu nennen das kohlensaure Wismuthoxyd, ein weißes, geschmackloses, im Wasser unlösliches, in Säuren aber unter Aufbrausen leicht lösliches Pulver, welches sich übrigens den andern Wismuthsalzen analog verhält.

Wolfram (auch Scheel, Tungsteinmetall), ein schweres unedles Metall, wurde zuerst von Scheele 1781 als Oxyd entdeckt, und dann 1785 durch die Gebrüder D' Elhuyart als Metall dargestellt. In der Natur kommt es ziemlich selten, und nur als Oxyd im Tungstein und Wolfram vor. Das künstlich dargestellte Metall erscheint entweder als ein stahlgraues oder zinnweißes Pulver, oder im zusammenhängenden Zustande als ein stark glänzendes, sehr hartes und sprödes, äußerst strengflüssiges, dabei unmagnetisches Metall von 17,4 specif. Gewicht, welches an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unveränderlich ist, als Metallpulver geglüht wie Zunder zu Scheelsäure verbrennt. Verbindungen des Scheels oder Wolframs mit Sauerstoff sind drei: Scheelsuboxydul, ein dunkelbraunes, Scheelsuboxyd, ein schwärzliches Pulver, welche beide unlöslich im Wasser, keine Verbindungen mit andern Körpern eingehen, und unter Luftzutritt erhitzt gleichfalls zu Scheelsäure verbrennen; endlich diese selbst, ein schwefelgelbes, geschmackloses Pulver, welches im Wasser unlöslich ist, kaum von einigen starken Säuren angegriffen wird, und mit Basen die scheelsauren Salze bildet, weiße im Wasser theils lösliche, theils unlösliche Körper, erstere von herbem, bitterlich metallischem Geschmack. Aus den Auflösungen derselben wird durch starke Säuren die Scheelsäure theils weiß, theils gelb niedergeschlagen. Scheelsaure Alkalien werden durch Zink blau gefärbt. Auch mit Chlor und Schwefel geht das Scheel Verbindungen ein. Der Gebrauch des Scheels beschränkt sich noch auf die Anwendung der Scheelsäure als dauerhafte gelbe Malerfarbe.

Wolken (Gewölk), sind nichts anders als Nebelmassen von mehr oder weniger Dichte, welche in verschiedenen Höhen der Atmo-

sphäre sich aufhalten, und zuweilen unbewegt sind, öfter aber durch Luftströmungen oder heftige Winde fortgeführt werden. Alle Nebel, welche sich an feuchten Orten, in der Tiefe der Thäler, auf Bergen, um hohe Felsengipfel u. s. w., an der Oberfläche der Erde bilden, werden Wolken, wenn sie von den Winden, ohne sich zu zerstreuen, fortgeführt werden. Die Wolken können aber auch noch einen andern Ursprung haben, sie können sich direkt mitten in den Lüften bilden, sowohl wenn sich zwei feuchte Luftströme von ungleicher Temperatur begegnen, als auch wenn sich die Dämpfe massenweise in Regionen erheben, welche zu kalt sind, um die Dämpfe im gasförmigen Zustande zu erhalten. Man nimmt im Allgemeinen an, daß die Dünste, welche die Wolken bilden, aus Bläschen bestehen, ähnlich den Seifenblasen, nur kleiner, welche mit feuchter Luft erfüllt sind. Man kann diese Bläschen sehr wohl in dem Nebel unterscheiden, welcher sich über heißem Wasser erhebt, und besonders über einer schwärzlichen Flüssigkeit z. B. Kaffee. (Vergl. d. Art. Dunst). Ihre Dichte scheint größer als die der Luft wegen des Flüssigkeitshäutchens, das ihre Hülle bildet, und man findet daher Schwierigkeit zu erklären, warum diese Bläschen dennoch in der Luft schwimmen. Gewöhnlich nimmt man an, daß ihr Inhalt derselbe wie der der Atmosphäre sei, doch kann derselbe auch reiner Wasserdampf sein, und da dieser verhältnißmäßig leichter als Luft ist, so schwimmen die Bläschen aus demselben Grunde wie mit Wasserstoffgas erfüllte Seifenblasen. Gay Lussac meint, die Ströme warmer Luft, welche sich unaufhörlich während des Tages von der Erde erheben, hätten einen großen Einfluß, um sie zum Aufsteigen zu bringen, und schwebend zu erhalten. Fresnel nimmt an, daß die Sonnenwärme, welche in dem Schoße der Wolken absorbirt wird, eine Art von Montgolfièren (s. d. Art. Luftballon) aus ihnen macht, welche sich zu desto größeren Höhen erheben, je beträchtlicher ihre Temperatur wird. Man kann sich die Wolkenbildung aber auch so vorstellen, daß an gewissen Orten, wo eine Temperaturerniedrigung stattfindet (dem Ort der Wolke), die durch ihn hingehenden Dampftheilchen alsbald condensirt, dadurch sichtbar und beim Herabfallen sogleich wieder in Luftform aufgelöst werden.

Das Stehenbleiben der Wolken, während an der Oberfläche der Erde, wo sich der Beobachter aufhält, ein heftiger Wind weht, ist häufig beobachtet worden, und ist stets nur ein scheinbares Phänomen, wenn nicht in den höheren Regionen der Atmosphäre, in denen sich jene Wolken befinden, Ruhe herrscht, während untere Luftschichten sich bewegen. (Vergl. d. Art. Winde). Häufig treten solche scheinbar stehende Wolken da auf, wo sich Wolken fortwährend eben so schnell bilden, als sie wieder zerstreut werden. Vermischung von Luftschichten, welche ungleiche Temperatur haben, kann solche Wolkenbildung veranlassen.

So mannigfach verschieden auch die Wolkengebilde sind, so kann man doch eine gewisse Uebereinstimmung gewisser Arten von Wolken unterscheiden. Hierauf hat zuerst Luke Howard aufmerksam gemacht und zugleich eine bestimmte Terminologie für die Wolkenbildungen ein-

geführt. Derselbe unterscheidet drei wesentlich verschiedene Hauptformen der Wolken, den Cirrus, Cumulus und Stratus, denen sich noch 4 Unterarten, theils als Uebergänge, theils als aus mehren anderen verbunden anschließen, nämlich Cirrocumulus, Cirrostratus, Cumulostratus und Nimbus.*) Der Cirrus oder die Federwolke besteht meistens aus zarten Fäden, welche bald als ein feiner weißlicher Federpinsel am blauen Himmel erscheinen, bald das Ansehen von gekräuselten Locken haben, bald sich netzförmig durchkreuzen. Von keiner Wolkenart ist das Ansehen so verschieden, zuweilen ändert der Cirrus in kurzer Zeit sein Ansehen, zu andern Zeiten steht er stundenlang ruhig an derselben Stelle, ja es trifft sich wohl, daß mehre zugleich an sehr verschiedenen Punkten des Himmels stehende Federwolken dasselbe Ansehen haben. — Der Cumulus oder die Haufenwolke zeigt sich in der einfachsten Form als Halbkugel über einer horizontalen Grundfläche; es häufen sich bald mehre solcher einzelnen Halbkugeln zusammen, und bilden die Wolken, welche am Horizonte stehend, einem Gebirge mit glänzenden Gipfeln, theils hell beleuchtet, theils dunkel schattirt gleichen. — Der Stratus oder die Schichtwolke, ist eine oben und unten horizontal begrenzte Nebelschicht, welche wir an heitern Sommertagen über Wiesen und Gewässern liegen sehen, die sich beim Untergange der Sonne bildet, und nach ihrem Aufgange wieder verschwindet. Es gehören hiezu also die feinen Nebel, welche häufig bei starker Thaubildung auftreten, so wie die niedrigen Nebelschichten über den Polarmeeren. — Unter Cirrocumulus, fedrige Haufenwolke, versteht Howard auftreten, runden, in Reihen geordneten Wolken, welche in Deutschland gewöhnlich Schäfchen heißen. Ihre äußere, meistens abgerundete Form scheint sie den Haufenwolken zuzugesellen, aber ihrem innern Baue nach und als hochstehende, leichte und glänzende Wolken sind sie den Federwolken nahe verwandt. — Der Cirrostratus, fedrige Schichtwolke, besteht aus flachen Wolkenblättchen, auch wohl aus kurzen faserigen Theilen, die aber schon dichter aussehen, als die Federwolken; er bildet allemal eine horizontale Schicht, welche im Zenith aus einer Menge zarter Wolken zusammengesetzt erscheint, am Horizonte aber, wo wir den verticalen Queerschnitt sehen, sich als eine lange dichte Wolke von sehr geringer Breite zeigt. Da die kleinen Wolken, aus denen sie besteht, oft in einem den ganzen Himmel bedeckenden Nebel stehen, und zuweilen ganz in diese neblige Umgebung zerflossen scheinen, so bildet sie einen Uebergang zu einer Schichtwolke, welche als ausgebreiteter Nebel über uns steht. Sie kann aber auch den Uebergang zur Haufenwolke machen, wenn ihre leichten, faserigen und federigen Theile sich verdichten, und das dickere, dunklere und dichtere Ansehen der Haufenwolke annehmen, die dann ganz in ihrer halbkugelförmigen Gestalt erscheint, aber doch offenbar aus zusammengeballten Stücken besteht. — Wenn die Cumuli sich häufen, sich immer mehr und mehr über einander

*) Die nachfolgende Beschreibung der einzelnen Wolkenbildungen ist aus Kämtz „Meteorologie" entlehnt.

thürmen und ein dunkleres Ansehen erhalten, so geht diese Wolkenart in den Cumulostratus, die gethürmte Haufenwolke, über; die Wolke steht dann nicht selten wie ein dunkles Gebirge über dem Horizonte und droht in die eigentliche Regen- oder Gewitterwolke überzugehen.— Die eigentliche Regenwolke, der Nimbus oder Cirrocumulostratus, entsteht meistens aus dem Cumulostratus. Sie zeigt sich als dunkle Wolkenmasse, mehr oder weniger horizontal ausgebreitet, mit einem faserigen Rande, so daß man nicht mehr im Stande ist, die einzelnen Theile, wie im Cumulus, zu erkennen.

Wenn längere Zeit heitere Witterung geherrscht hat, und es tritt nachher der Cirrus auf, so ist dieses gewöhnlich ein Vorbote des bald nachher eintretenden Regens. Sind die Fäden der Wolke scharf begrenzt, so dauert nach Brandes das trockene Wetter wohl noch einige Tage fort; nahen Regen zeigt es an, wenn die Wolkenfäden verwaschen sind. Der Cirrus bewegt sich immer nach der Länge der Fasern und die sogenannten Windbäume (Federwolken, welche nach einer Seite spitz auslaufen, während sie an der andern viele Aeste haben) haben ihren Namen erhalten, weil ihre Spitze größtentheils nach der Richtung zeigt, aus welcher der Wind kommt. Die niedergeschlagenen Dünste erstrecken sich viel weiter, als wo wir die Grenze der Federwolken erblicken, und bei großer Feuchtigkeit der Atmosphäre erhält durch sie der Cirrus die schon erwähnten verwaschenen Ränder. Dabei nimmt gewöhnlich der ganze Himmel ein mehr oder weniger hellblaues Ansehn an. Dauert dieser Zustand längere Zeit fort, so geht der Cirrus in den Cirrocumulus oder häufiger in den Cirrostratus über. Das Entstehen des ersten gleicht einem Gerinnen, indem die kleinen, runden und glänzenden Wolken ganz das Ansehen haben wie Seifenwasser, welches unter hartes Wasser gegossen wird. Namentlich wenn sie des Morgens in dieser Gestalt auftreten, zeigen sie gewöhnlich heiteres und warmes Wetter an. Sie entstehen wahrscheinlich dadurch, daß sich ein warmer Luftstrom über die kältere Luft ergießt. Dieses wird dadurch bestätigt, daß gewöhnlich nachher ein warmer Südwind die Erdoberfläche erreicht. In diesen Wolken müssen die Dunsttheilchen in großem Abstande von einander stehen, denn Humboldt sah dieselben in Cumana oft so dünn, daß man noch Sterne 4ter Größe und sogar die Mondflecken durch sie beobachten konnte. Die Sterne erschienen dabei von funkelndem Lichte und hieraus scheint zu folgen, daß in jenen Wolken Luftmassen von ungleicher Temperatur gemischt sind (s. d. Art. Sterne S. 601). Wenn die Federwolke in den Cirrostratus übergeht, so werden die Fäden derselben immer verwaschener, das Blau des Himmels wird heller, aus den einzelnen Fäden kommen andere auf ihnen senkrecht stehende, der Cirrus wird immer breiter und der so gebildete Cirrostratus bedeckt entweder nur einen Theil des Himmels oder giebt dem ganzen Himmel ein weißes Ansehen. Dieser Uebergang zeigt gewöhnlich Regen an, indem sich meist in der Tiefe andere Wolkenarten, besonders Cumuli und Cumulostrati bilden. Der unter diesen Umständen fallende Regen ist gewöhnlich sanft, hält längere Zeit an und erstreckt sich oft über große Flächen. Die horizon-

tale Fläche, welche der Cirrostratus sowohl von oben gesehen als von unten betrachtet darbietet, ist nur scheinbar, weil wir durch das weiße Licht geblendet einzelne Ungleichheiten nicht wahrzunehmen vermögen. Nur dann, wenn der Cirrostratus lockerer ist, wenn seine Ränder mehr aus gekräuselten als aus geraden Fasern bestehen und er dem Cirrocumulus näher kommt, scheint sein innerer Bau gleichförmiger zu sein. — Diese Wolkenart zeigt sich vorherrschend dann, wenn Südwestwinde in den obern Regionen das Uebergewicht erhalten haben und nun bei sinkendem Barometer den Nordwind in der Tiefe zurücktreiben. Dann ist der östliche Himmel noch heiter, während sich eine dichte Schicht von Cirrostraten in Gestalt einer Wolkenbank am westlichen Horizonte zeigt, für welche Göthe den Namen Paries vorschlägt. An ihrem obern Theile erscheint diese Wolkenmasse mehr oder weniger weiß, aber gegen den Horizont wird sie immer tiefgraublauer, nach und nach verbreitet sich diese Bildung über den ganzen Himmel; die untergehende Sonne erscheint mehr oder weniger blutroth durch diese Wolken. Dieses ist ein sicheres Vorzeichen von Regen, der noch während der Nacht oder am folgenden Tage kommt. Solche Wolkenstreifen, durch welche die untergehende Sonne sehr matt erscheint, deuten zwischen den Wendekreisen ebenfalls Regen und Unwetter an. — Zur Zeit von Regenwetter bedeckt diese Wolkenart oft große Stellen des Himmels, unter welcher die Regenwolken schnell fortziehen; zu andern Zeiten erscheint sie in Gestalt langgedehnter schmaler Massen, welche besonders von der untergehenden Sonne sehr schön gefärbt erscheinen. So lange sie noch in Menge vorherrscht und Regenwolken darunter fortziehen, dürfen wir auf kein heiteres Wetter rechnen. Es geschieht nicht selten, daß diese Wolkenart in Gestalt eines schmalen Streifens von geringer Breite von einem Ende des Horizontes bis zum andern reicht. Diese Streifen fallen häufig mit dem Meridiane zusammen, oder sie liegen im magnetischen Meridiane und sind dann Vorboten von Nordlichtern. Der Grund hievon scheint darin zu liegen, daß der ankommende feuchte Südwind den Nordwind zurücktreibt, und daß sich hier an der Gränze ungleich warmer Winde Dämpfe niederschlagen. Solcher Wolkenstreifen sieht man oft mehre, sie haben ganz das Ansehen von größten Kreisen, die von einem gemeinsamen Punkte auslaufen und sich über den Himmel verbreiten. Indessen ist diese scheinbare Krümmung, so wie die Convergenz der Wolken nur ein optischer Betrug, die Wolkenstreifen sind mehr oder weniger parallel, wie dieses Kästner, Kries und Wrede gezeigt haben.

Der Cirrus geht unter allen Wolkengebilden am höchsten. Man kann annehmen, daß die mittlere Höhe der Federwolken 20000 Fuß betrage, welches eine Höhe ist, in der die Temperatur sich sicher unter 0 befindet, *) und hieraus folgt dann mit großer Wahrscheinlichkeit, daß diese Wolken aus Eistheilchen von großer Feinheit bestehen, worauf auch das blendend weiße Ansehen der-

*) Vergl. d. Art. Erde S. 326.

selben hindeutet. Auch die Erscheinung der großen Höfe um Sonne und Mond deutet auf die Gegenwart feiner Eistheilchen in der Atmosphäre (Vergl. d. Art. Hof S. 128.). Wenn man die Stellen dieser Wolken, welche ungefähr 22° von der Sonne abstehen, mittels eines geschwärzten Glasspiegels betrachtet, so entdeckt man bei einiger Uebung bald in den meisten kleine Stücke von Höfen, die sich indeß freilich oft nur durch größere Lichtstärke zu erkennen geben, oft (vielleicht dann, wenn Luftströme die Theilchen lebhafter bewegen) bemerkt man keine Höfe; wenn man aber dieselbe Wolke längere Zeit in der angegebenen Weise beobachtet, so treten abwechselnd an verschiedenen Stellen Spuren von Höfen auf. Bei der Umwandlung des Cirrus in andere Wolkengebilde sinkt derselbe aus seiner Höhe herab und dabei verwandeln sich dann wahrscheinlich seine Eistheilchen mehr oder weniger in Dunstbläschen. Der Cumulus besteht wahrscheinlich schon ganz aus Dampfbläschen und zeigt in seiner reinen Gestalt meistens eine aus Kugelsegmenten zusammengesetzte Masse mit scharf begrenzten Rändern. Bei heiterem Wetter, wenn sich vielleicht kaum Spuren von Cirris und Cirrostratis zeigen, erscheint diese Wolkenart namentlich im Sommer oft in großer Menge, ohne daß wir bei dem fortdauernd dunkelblauem Ansehen des Himmels einen Niederschlag zu befürchten haben. Wenn sich nämlich der während der Nacht gebildete Stratus verloren hat, erscheint der Himmel völlig heiter; um etwa 9 Uhr zeigen sich an einzelnen Stellen kleine, kaum wahrnehmbare Wölkchen von lockerem Bau, welche sich nach und nach vergrößern und immer schärfer begrenzt werden. Zahl und Dichtigkeit dieser Wolken erreichen einige Zeit nach der größten Tageswärme ihr Maximum, darauf nimmt die Zahl der Wolken wieder ab, und um die Zeit des Sonnenunterganges ist der Himmel ganz heiter. Im Herbste kann man das Phänomen häufig noch auf eine überraschendere Art sehen; der Stratus, welcher dann meistens dichter ist, löst sich bald auf, und dabei steigen die Bläschen sichtlich schnell aufwärts und verschwinden in einiger Höhe. Eben diese Periodicität bemerkt man auch an den Wolken, die sich um die Spitze der Gebirge, z. B. den Pic auf Teneriffa, lagern und bei den tropischen Gewittern. — Dieser Vorgang ergiebt sich, wie schon Saussure bemerkte, aus dem aufsteigenden warmen Luftstrome. Wenn nämlich die Sonne am Morgen den Boden erwärmt, so verdunstet das Wasser, welches sich in Gestalt von Thau niedergeschlagen hatte, und die Atmosphäre der untern Regionen rückt dem Zustande der Sättigung näher; bald aber erhebt sich der aufsteigende warme Luftstrom, welcher die Dämpfe mit in die Höhe reißt und nach den obern Regionen führt. Indem der Dampf auf diese Art in kältere Luftschichten gelangt, werden diese bald gesättigt und es zeigt sich ein schwacher Niederschlag. So wie die Temperatur des Tages steigt, wird dieser aufsteigende Luftstrom immer lebhafter, die Dämpfe werden mit größerer Schnelligkeit in die Höhe geführt und während die absolute Dampfmenge am Boden geringer wird, nimmt sie in der Höhe zu. Die Dämpfe entfernen sich mit der Zunahme der Tageswärme weiter vom Boden, der aufsteigende Luftstrom führt die Bläschen mechanisch in immer bedeutendere Höhen,

und da die Temperatur ihrer Umgebung geringer wird, nimmt auch die Dichtigkeit der Wolken zu. Einige Zeit nach der größten Wärme des Tages nimmt der aufsteigende Luftstrom ab, die Wolken sinken in die Tiefe, wie man auf hohen Bergen deutlich wahrnehmen kann. Indem die Wolke auf diese Art in wärmere Luftschichten gelangt, wird ein Theil der Bläschen aufgelöst und die Wolke verschwindet, so wie sie tiefer sinkt. Lösen sich die Wolken am Abende nicht auf, sondern bedecken noch einen großen Theil des Himmels, so kann man auf einen baldigen Niederschlag rechnen; denn in diesem Falle ist die ganze Atmosphäre größtentheils mit Dampf gesättigt, wodurch die Auflösung der Wolke verhindert wird. Es verwandelt sich in diesem Falle der Cumulus meistens in den Cumulostratus und dieser in den Nimbus. Besonders dann, wenn in den höheren Regionen nur wenige Cirri oder Cirrostrati sind, verwandelt sich der Cumulus unmittelbar in den Nimbus. Es ist dieses bei Regenschauern der Fall, wenn die Richtung der obern und untern Winde sehr verschieden ist und der obere kalte Luftstrom sich mit Schnelligkeit bewegt. Hier sieht man einen Cumulus oft sich langsam bewegen, in wenigen Minuten verliert er den scharfen Umriß, Fasern strecken sich nach allen Seiten aus, die Wolke bewegt sich mit größerer Schnelligkeit, es findet eine große Unruhe in ihr Statt und es fällt Regen herab. Bei großer Störung im Gleichgewicht der Atmosphäre kann es wohl geschehen, daß es ohne vorhergehende Wolkenbildung regnet, oder in niedriger Temperatur schneit. In diesem Falle kann es sich ereignen, daß die herabfallenden Tropfen wieder verdunsten, ehe sie den Boden erreichen. — Die durch einen kalten Luftstrom bedingte Condensation zeigt sich weit lebhafter dann, wenn auf einen warmen Südwind schnell ein kalter Nordwind folgt, welcher zuerst in den obern Schichten der Atmosphäre das Uebergewicht erhält. Schnell vergrößern sich die Cumuli, gehen in Cumulostrati über, und der ganze Himmel ist bald mit einer grauen Wolkenschicht bedeckt, aus welcher es lebhaft regnet; dabei steigt das Barometer, aber nach einigen Stunden erfolgt bei fortherrschendem Nordwinde heiteres Wetter. — Dieser Vorgang, so häufig sich derselbe auch zeigt, ist nicht der gewöhnliche bei anhaltendem Regen. Hier ist man meistens im Stande zwei Wolkenschichten zu erkennen. Nachdem sich die Cirri in dichtere Cirrostrati verwandelt haben, so wird die untere Luftmasse erkaltet, die Dämpfe schlagen sich als Cumuli nieder, und in kurzer Zeit verwandeln sich diese in Nimbi. Der Regen in diesem Falle zeigt sich meistens bei sinkendem Barometerstande und hält länger an, als der obige. Bewegen sich diese unteren Wolken mit großer Schnelligkeit und vielleicht nach einer andern Richtung als die Cirrostrati, dann dauert dieses Wetter noch längere Zeit fort.— Wenn der Boden schon durch vorhergehende Regen feucht war, so erfolgt diese Verwandlung der Wolken weit lebhafter. Herrscht dann in den untern Regionen kein Wind, dann steigen bei heiterem Himmel die Dämpfe mit großer Schnelligkeit in Menge in die Höhe; Cirri, Cirrostrati und tiefere Cumuli nehmen in kurzer Zeit an Umfang zu, und zur Zeit der größten Tageswärme erfolgt ein heftiger Regenguß,

welcher häufig in ein Gewitter ausartet. — In vielen Fällen zeigt sich namentlich im Sommer ein Vorgang, welcher von dem beschriebenen etwas abweicht. Die Sonne geht bei völlig bewölktem Himmel auf und dabei regnet es häufig. Um etwa 7 oder 8 Uhr hört der Regen auf, der Himmel ist mit einer einzigen Wolkenschicht bedeckt, welche sich durch graue Farbe auszeichnet, aber keine der erwähnten Modificationen rein zeigt. Die Farbe und Structur erinnert an den Cumulus oder Cumulostratus; die gleichförmige Ausbreitung an den Cirrostratus. Bald zeigen sich einzelne Lücken in dieser Schicht, sie verwandeln sich nach und nach in Cumuli oder Cumulostrati und zur Zeit der größten Tageswärme sieht man fast reine Cumuli. Sowie aber die Wärme abnimmt, breiten sich die Wolken wieder aus, nach dem Untergange der Sonne ist der Himmel ganz bewölkt und in der Nacht regnet es wieder. Dieser Vorgang, welcher sich oft mehrere Tage auf diese Art wiederholt, scheint seinen Grund in verschiedenen über einander fortgehenden Luftströmen zu haben. Sowie die Sonne am Morgen den obern Theil der Wolkenschicht erwärmt, werden die Bläschen aufgelöst, und indem sie vielleicht wärmere Luftschichten erreichen, werden sie nicht in hinreichender Menge condensirt, um Regen zu erzeugen. Sowie die Wärme am Abend abnimmt, kann die Luft nicht alle Dämpfe behalten, es bilden sich Bläschen und bei geringerer Wärme in der Nacht fällt das Wasser in Gestalt von Tropfen herab. Ueber die Höhe der Wolken hat man nur wenige Kenntnisse.*) Ric-

*) Man hat verschiedene Methoden die Höhe einer Wolke zu bestimmen. Kämtz theilt darüber Folgendes mit. Das scheinbar einfachste Verfahren ist das von Riccioli angegebene. Zwei Beobachter, A und B, welche sich in einer bekannten Entfernung von einander befinden, messen in demselben Momente den Höhenwinkel einer Wolke, die mit ihnen in einem Verticalkreise liegt. Dadurch wird der Beobachter A in den Stand gesetzt, die Entfernung der Wolke von seinem Beobachtungspuncte und, da der Höhenwinkel bekannt ist, ihre verticale Höhe zu berechnen. — So einfach dieses Verfahren scheint, so wird es besonders dadurch beschwerlich, daß die beiden Beobachter bei einer größeren Distanz sich nur mit Mühe verständigen können. Da es bei dieser ganzen Arbeit darauf ankommt, einen zweiten Winkel in dem Dreiecke zu erhalten, so kann man dazu die Sonne mit großem Erfolge anwenden. Wenn eine Wolke sich in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreise befindet, so beachte man die Stelle, wohin ihr Schatten fällt, und messe die Höhe der Sonne und der Wolke. Da alle Sonnenstrahlen unserer Voraussetzung zufolge mit dem Horizonte gleiche Winkel bilden, so sind in dem aufzulösenden Dreiecke die beiden Winkel gegeben, und wenn die Distanz des Beobachtungsortes von der Grenze des Schattens gemessen wird, auch eine Seite, und alle Stücke lassen sich daher bestimmen. — Mit diesem Verfahren nahe verwandt ist das von Lambert angewendete. Man beobachte den Punkt, wohin die Grenze des Schattens einer Wolke fällt, welche sich in dem durch die Sonne und den Beobachter gehenden Verticalkreise bewegt; zugleich wird der Höhenwinkel der Wolke gemessen. Nach einer

cioli bestimmte die Höhe einer weißglänzenden Wolke zu 2177 italien. Schritt; nach einer Mittheilung eines Jesuiten, welcher viele Messungen anstellte, soll die Höhe nie über 5000 Schritt betragen. Bou-

---

bekannten Zeit werden beide Beobachtungen wiederholt und die Distanz der Punkte, wohin der Schatten fiel, gemessen. Da die Wolke sich der Hypothese zufolge horizontal bewegt, so haben wir in dem zu bestimmenden Dreiecke die eine Seite, nämlich den Weg der Wolke und die beiden anliegenden Winkel (Wechselwinkel der Höhenwinkel); das Problem ist also bestimmt. Da das Zeitintervall bekannt ist, so erhält man zugleich die Geschwindigkeit der Wolke. — Ein anderes Verfahren, die Höhe der Wolken aus ihrem Schatten zu finden, hat Wrebe angegeben. Eine Wolke stehe in dem durch die Sonne gehenden Verticalkreise; man beachte die Punkte, wohin der Schatten fällt, und messe die Höhe der den Schatten werfenden Ränder der Wolke, so haben wir in dem durch die Wolke und den Beobachter gehenden Dreiecke die eine Seite (Durchmesser der Wolke aus dem des Schattens gefunden) und die beiden anliegenden Winkel (Wechselwinkel der Höhenwinkel), mithin sind alle Stücke bekannt. — Wenn man sich auf einem etwas erhöhten Standpunkte befindet, so lassen sich diese Methoden mehr oder weniger leicht anwenden. Ausgezeichnete Bäume, Steine und andere Objecte können zur Bestimmung der Punkte angewendet werden, wohin der Schatten fällt, und diese Distanzen können dann entweder durch geodätische Messungen oder hinreichend genau vermittels einer Specialkarte der Gegend gefunden werden. Vortheilhaft ist es übrigens bei jeder Wolke, dieselbe Messung nach einer Zeit zu wiederholen; man erfährt dadurch außer der Geschwindigkeit auch, ob die Wolke sich in einer horizontalen oder geneigten Ebene bewege. Ist letzteres der Fall, so muß man bei dem Lambert'schen Verfahren die einfache, deßhalb nöthige Correction anbringen. — Daß alle diese Methoden auch dann anwendbar sind, wenn der Himmel fast ganz bewölkt ist und sich einzelne Wolkenlücken zeigen, versteht sich von selbst. — Die gedachten Methoden setzen voraus, daß der Schatten der Wolke scharf begrenzt sei, bei Cirris und den verwandten Wolkenarten ist der Umriß des Schattens so unbestimmt, daß man ihn aus der Ferne nicht zu erkennen vermag. Aus dem Grunde hat Kämtz das Verfahren Riccioli's so abgeändert, daß er ohne Gehülfen die Höhe der Wolken bestimmen konnte. Wenn eine solche Wolke längere Zeit hindurch dasselbe Ansehen behielt, so maß er am Standpunkte A ihre Höhe; nach einer bekannten Zeit t wurde dieselbe Operation wiederholt; die Höhe betrage im ersten Falle a, im zweiten $a \pm x$ Grad. Hierauf ging er nach dem zweiten Standpunkte B, welchen er so wählte, daß er möglichst nahe in der Verticalebene lag, in welcher sich die Wolke bewegte. Hier wurde die Höhe aufs Neue gemessen und die Zeit beobachtet, welche zwischen dieser Messung und der zweiten am ersten Standpunkte verflossen war. Diese Zeit sei $n\,t$. Um nun den Winkel zu erfahren, welchen man in A zur Zeit der Messung in B erhalten hätte, nahm er zuerst an, daß sich der Höhenwinkel in gleichen

guer sah die Wolken auf den Cordilleren mehre hundert Toisen über sich, was auch Humboldt von Schäfchen beobachtete. Lambert bestimmte die Höhe wahrscheinlich von einem Cumulus in Berlin zu 7500 Fuß. Anhaltende Beobachtungen hat Crosthwaite zu Keswick in England angestellt; er benutzte die Höhe des 3150 Fuß hohen Berges Skiddaw, um die Höhe jener Wolken zu bestimmen, welche niedriger standen als die Spitze des Berges. Da wenigstens in Deutschland im Sommer die meisten Wolken eine bedeutendere Höhe haben, so wird dieses Verfahren kein sonderliches Resultat geben. Unter 5381 Beobachtungen fand er 293 Wolken niedriger als 1200 Fuß (englisch), 1640 zwischen 1200 und 2400 Fuß, 1300 zwischen 2400 und 3150 Fuß und alle übrigen höher als 3150 Fuß. — Im Julius und August 1830 hat Kämtz versucht, die Höhe einiger Wolken zu bestim-

---

Zeiten um dieselbe Größe ändere; es beträgt die Aenderung während der Zeit nt also nx und der berechnete Winkel wird $a \pm x \pm nx = a \pm (n+1)x$ Grade. So sind in dem Dreiecke also eine Seite (die Distanz zwischen A und B) und beide Winkel gegeben, und die Höhe wird leicht bestimmt. In vielen Fällen wird die erste Berechnung genügen; ändert sich aber der Winkel in kurzer Zeit sehr bedeutend, dann ist eine zweite Berechnung nöthig. Man sieht diese zuerst gefundene Höhe als Halbmesser, die Linie, in welcher sich die Wolke bewegt, als Tangente an, und berechnet die Aenderung der Tangente während der Zeit t vermittels der bekannten Differenz des Höhenwinkel x; die Länge der Tangente bei der ersten Messung in a sei b, bei der zweiten c, so ist $b + n(b - c)$ die Tangente des Höhenwinkels bei der Messung in B, und man erhält nun die Höhe genauer. Meistens aber genügt das erste Verfahren; denn wenn diese hoch schwebenden Wolken sich sehr schnell bewegen, so ändern sie ihr Ansehen meistens in kurzer Zeit, u. das ganze Verfahren ist nicht anwendbar.— Jacob Bernouilli gibt ein Verfahren an, die Höhe der Wolken während der Dämmerung zu bestimmen. Ist die Sonne eben untergegangen, so werden alle einzelnen am Himmel stehenden Wolken noch von ihr beschienen und erscheinen mehr oder weniger geröthet; so wie sie tiefer sinkt, werden die am östlichen Horizonte stehenden Wolken nicht mehr beschienen, sie erscheinen mehr oder weniger dunkel, während die im Zenith und am westlichen Himmel stehenden noch erleuchtet werden. Der Moment, wo die Beleuchtung aufhört, läßt sich meistens scharf wahrnehmen und so die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte berechnen; aus dem Azimuth und der Höhe der Wolke läßt sich dann ihre Distanz von der Erdoberfläche finden. — Bei Gewitterwolken ist häufig ein anderes Verfahren empfohlen worden. Man mißt den Höhenwinkel, in welchem sich der Blitz zeigt, und beobachtet die Zahl der Secunden zwischen Blitz und Donner; nimmt man an, daß der Schall sich im Durchschnitte während der Secunde durch einen Raum von 1050 Fuß bewege, so erhält man die Entfernung des Blitzes vom Beobachtungsorte und aus dem beobachteten Zenithabstande die verticale Höhe.

men. Es zeigte sich sehr bald, daß Wolken derselben Art zu derselben Zeit in Höhen schwebten, welche Differenzen von 1000 Fuß gaben. So fand er an einem Nachmittage die Höhe der Cumuli zwischen 7300 und 8500 Fuß. Eben so ist die Höhe derselben Wolkenart an verschiedenen Tagen sehr ungleich. So war die Höhe der Cumuli im Mittel mehrerer Messungen am 6ten Julius 8050 Fuß, am 11ten 4750 Fuß. Nehme ich, sagt Kämtz, für die gedachte Zeit das Mittel meiner Messungen, so ergibt sich, daß die Cumuli zwischen 9 Uhr Morgens und 6 Uhr Abends sich in Höhen zwischen 3000 Fuß und 10000 Fuß bewegen, im Durchschnitt aber glaube ich nicht viel über 5000 Fuß annehmen zu dürfen. Je geringer die Zahl der am Himmel sichtbaren Cumuli ist, desto größer scheint ihre Höhe zu sein, doch fehlt es an einer hinreichenden Zahl von Messungen, um diesen Satz als allgemein auszugeben. Die Höhe der wenigen Cirri, welche Kämtz beobachten konnte, schwankt zwischen 10000 und 24000 Fuß, vielleicht durfte 20000 Fuß der in unsern Gegenden für den Sommer gültigen Größe bei heiterem Wetter am nächsten kommen. Nur zweimal ist es Kämtz gelungen, die Höhe eines Cirrostratus zu messen. In dem einen Falle betrug diese 11000, in einem zweiten an demselben Tage 10500, so daß man 11000 Fuß annähernd annehmen könnte. Die Höhe von Regenwolken und Cirrocumulis hat Kämtz nicht bestimmt, da die Beobachtungen sehr unsicher waren; die Höhe von Gewitterwolken hat derselbe zwischen 1500 und 5000 Fuß variirend gefunden, jedoch ist das Resultat stets unsicher, da die Länge des Blitzes mehre Grade beträgt und wir nicht wissen, von welchem Punkte wir den Donner hören. Der Stratus berührt die Oberfläche der Erde.

Y.

Yttrium, ein unedles schweres Metall, wurde 1794 von Gadolin als Oxyd entdeckt, 1828 von Wöhler als metallische Substanz dargestellt, und findet sich nur sehr selten natürlich vorkommend, im Ytterit, Ytterocerit, Gadolinit verbunden mit Phosphorsäure, Kieselerde, Cererde u. s. w. Die von Wöhler dargestellte metallische Substanz zeigte kleine eisengraue, metallischglänzende Schuppen, die nach dem Auswaschen und Trocknen als ein schwarzgraues schimmerndes Pulver erschienen. Es nahm unter dem Polirstahl einen dunkeln Metallglanz an, zerlegte das Wasser nicht, und blieb an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unverändert; an der Luft erhitzt verbrannte es unter Feuerentwickelung, und im Sauerstoffgas mit sehr glänzendem Licht, zu Yttererde, der einzigen bis jetzt bekannten Sättigungsstufe des Yttriums mit Sauerstoff. Diese Yttererde ist ein röthliches oder gelbliches, geschmackloses, unschmelzbares Pulver von 4,84 spec. Gew., welches eine größere Verwandtschaft zu den Säuren zeigt, als z. B. Kiesel-,

Thon- oder Beryllerde, und mit dieser die Yttererdensalze bildet, farblose oder rothe, ziemlich schwere, im Wasser zum Theil lösliche, zum Theil unlösliche Substanzen, welche durch Alkalien zerlegt, durch Gallustinctur in graue Flocken gefällt werden. — Mit Schwefel verbindet sich das Yttrium unter Feuererscheinung zu einem dunkelgrauen im Wasser unauflöslichen und das Wasser nicht zersetzenden Pulver, welches mit Säuren behandelt rasch Hydrothionsäure entwickelt. Die einfach schwefelsaure Yttererde erscheint in blaßamethistrothen Krystallen, in der Form von 4 — 6seitigen Säulen, mit 4flächiger Zuspitzung. Phosphoryttrium, ein schwarzgraues Pulver, entsteht durch Erhitzung des Phosphors mit Yttrium unter Feuererscheinung; ins Wasser geworfen, entwickelt es selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas.

Z.

Zeit ist die allgemeine Vorstellung ununterbrochener gleichmäßiger Bewegung, welche sich daher an Alles knüpft, was sich bewegt oder verändert. Zur Messung der Zeit kann man sich jeder ununterbrochenen gleichförmigen Bewegung bedienen und unsere Zeitmesser, die Uhren, sind nichts anderes als Instrumente mit ununterbrochener gleichmäßiger Bewegung. Da jedoch diese Uhren selbst etwas Gemachtes sind, so ist ihre eigene Bewegung erst nach einer anderen sich von selbst ohne unser Zuthun vollführenden Bewegung als gleichförmig zu reguliren. Eine solche Bewegung hat aber die Erde selbst in ihrer Axenumdrehung. Außer dieser gleichmäßigen Bewegung hat jedoch die Erde noch eine zweite ungleichförmige Bewegung, nämlich die in ihrer Bahn um die Sonne. Jene erste, nicht diese zweite Bewegung wird daher allein zur Zeitmessung zu benutzen sein. Weder die eine, noch die andere Bewegung der Erde können wir indeß an dieser selbst wahrnehmen, wir erkennen sie nur an der scheinbaren Bewegung der anderen Himmelskörper, unter denen die Erde im Himmelsraum sich bewegt. Die tägliche Bewegung der Sterne von Osten nach Westen ist die Erscheinung der Axendrehung der Erde, die Bewegung der Sonne unter den Fixsternen die Erscheinung der Bewegung der Erde in ihrer Bahn. Nur die tägliche Bewegung der Sterne (deren einer auch die Sonne) von Osten nach Westen ist, wie aus dem Vorhergehenden folgt, zur Zeitmessung brauchbar, weil sie gleichmäßig Aber es scheint, als wenn auch sie von der ungleichmäßigen Bewegung der Erde in der Bahn gestört sein müsse, denn da beide Erdbewegungen fortwährend zugleich erfolgen, so ist nothwendig, wie es scheint, daß die scheinbare Bewegung der Gestirne ein Resultat beider Bewegungen der Erde sein müsse. Für die Sonne ist dieses in der That der Fall, ihre tägliche Bewegung läßt sich von ihrer jährlichen nicht scheiden, aber an den Fixsternen bemerken wir nur die tägliche Bewegung, weil ihr Abstand von

der Erde so gewaltig groß ist, daß der Durchmesser der Erdbahn eine verschwindend kleine Größe gegen denselben ist *).

Beobachten wir einen Fixstern, so bemerken wir, daß derselbe in Folge der Axendrehung der Erde sich in gleichen Zeiten um dieselbe herumbewegt; die Zeit einer solchen Umdrehung nennen wir einen Sterntag. Derselbe hat für alle Fixsterne gleiche Länge und wird in 24 Stunden u. s. w. getheilt. Diese Rechnung nach Sterntagen gibt die Sternzeit, und nach ihr rechnen namentlich die Astronomen. Gewöhnlich nimmt man den Frühlingspunkt als denjenigen an, dessen Bewegung im Aequator (alle Bewegungen der Fixsterne geschehen in Kreisen, welche dem Aequator parallel sind, d. h. in Ebenen senkrecht auf der Erdaxe) die Sternzeit bestimmt. Die Dauer von einer Culmination des Frühlingspunktes, d. h. von einem Durchgange desselben durch den Meridian eines Beobachtungsortes, und zwar durch den oberen sichtbaren durch den Zenith des Ortes gehenden Theil des Meridians, bis zur nächsten solchen Culmination ist ein Sterntag. Während dieser Zeit bewegt sich der Frühlingspunkt durch alle 360 Grade des Aequators, d. h. er legt in jeder Stunde $\frac{360}{24} = 15$ Grade desselben zurück. Man sagt, der Stundenwinkel sei 1, 2, 3.... Uhr, wenn der Frühlingspunkt von seiner Culmination um 15, 30, 45.... Grade westlich entfernt ist, zugleich hat der Beobachtungsort 1, 2, 3... Uhr Sternzeit.

Die Beobachtung der Fixsterne zur Zeitbestimmung ist für das bürgerliche Leben darum nicht wohl brauchbar, weil die Fixsterne nur während der Nacht zu sehen sind, am Tage aber die Zeitbestimmungen am meisten gebraucht werden. Daher hat man es im gemeinen Leben von jeher vorgezogen, die Sonne zu beobachten, um die Zeit nach ihr zu bestimmen. Dazu kommt, daß sich diese Beobachtung der Zeit mittels des Schattens, den die Sonne bewirkt, sehr einfach vollführen läßt. (Siehe den Artikel Sonnenuhren.) Die Bewegung der Sonne ist jedoch wie gesagt wurde nicht völlig gleichförmig, weil in ihr nicht bloß die Axendrehung, sondern auch die Bahnbewegung der Erde erscheint. Nichts desto weniger rechnet man doch von einer Culmination der Sonne bis zur nächsten einen Tag (Sonnentag) und theilt denselben in 24 Stunden u. s. w. Diese wahre Sonnenzeit hat daher Tage von ungleicher Länge und sie ist es, welche durch die Sonnenuhren angegeben wird. Da aber nach einer solchen Zeit sich nicht rechnen läßt, so hat man eine mittlere Tageslänge angenommen, welche weder so kurz wie der kürzeste wahre Sonnentag, noch so lang wie der längste wahre Sonnentag ist. Diese mittlere Sonnenzeit ist es, nach welcher wir gewöhnlich rechnen. Man findet sie, indem man annimmt, es gäbe eine Sonne (die mittlere Sonne), welche in der Ebene des Aequators in einem Kreise sich gleichmäßig um die Erde herumbewegt, so daß sie 1) täglich einmal sammt dem Aequator um die Erde ginge und 2) im Aequator selbst zugleich in derselben

*) S. d. Art. Fixsterne und Parallaxe.

Richtung so fort ginge, daß sie genau in derselben Zeit einmal denselben durchliefe, während die wirkliche Sonne einmal die Ekliptik zurücklegt. Die Bewegung dieser Sonne im Aequator beträgt täglich $0°,9856472$, soviel Grade wird daher die mittlere Sonne mehr durchlaufen, als ein Fixstern, d. h. es verhält sich (da im Sterntage nur $360°$ zurückgelegt werden) Sterntag : mittlerer Sonnentag $= 360 : 360 + 0,9856472$. Da der Sonnentag 24 Stunden hat, so ist die Länge des Sterntages x gegeben durch die Proportion

$$x : 24 = 360 : 360,9856472,$$

d. h. $x = 23$ St. $56'$ $4'',09133$ mittlere Sonnenzeit.

Schärfer bestimmt wird das ganze Verhältniß durch folgende Betrach: Es gehe zu einer gewissen Zeit die Sonne mit einem Fixstern zugleich durch den Meridian; so wird sie bis zu dem nächstfolgenden Mittag in der Ekliptik NMB (Fig. 449.) um den Bogen NM gegen Morgen fortgerückt sein, welcher zwischen dem durch den Stern s gelegten Abweigungskreis PsNq und dem Meridian PMAp enthalten ist, und der astronomische Tag wird größer sein, als die tägliche Umlaufszeit eines Fixsterns oder als ein Sterntag, um die Zeit, welche der Bogen qA des Aequators DAB gebrauchte, sich durch den Meridian durchzuschieben. Man denke sich eine zweite Sonne, welche die Ekliptik in derselben Zeit mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufe, in welcher die wahre Sonne einmal in der Ekliptik herumkommt, und mit letzerer zugleich durch den Punkt der Erdnähe, mithin auch durch den Punkt der Erdferne gehe; so wird man dadurch die von der ungleichförmigen Bewegung der Sonne abhängende Ungleichheit der Tage verschwinden machen, aber es wird noch die von der schiefen Lage der Ekliptik gegen den Aequator abhängende Ungleichheit übrig bleiben. Denn nimmt man zwei gleiche Bogen NM, mB der Ekliptik, den ersten von einem Solstititialpunkt, den letzteren von einem Aequinoctialpunkt an, und legt durch ihre Endpunkte die Abweichungskreise PNq, PMA, Pma, PB; so wird der Bogen Aq des Aequators, welcher dem in der Nähe des Solstitiums liegenden Bogen NM der Ekliptik entspricht, größer als NM, der dem Aequinoctialpunkt B aber anliegende Bogen Ba kleiner als Bm oder NM sein, weil der Bogen NM nahe mit einem Wendekreis zusammenfällt, dessen Halbmesser in dem Verhältniß des Cosinus der Schiefe der Ekliptik zum Sinus totus kleiner ist, als der Halbmesser des Aequators, und der Bogen mB die Hypotenuse eines rechtwinklichen Dreiecks Bma ist, welche wiederum in dem Verhältniß des Sinus totus zum Cosinus des Winkels Bma oder der Schiefe der Ekliptik größer ist als der Bogen Ba. Um auch diese Ungleichheit verschwinden zu machen, lasse man die Bahn der sich gleichförmig bewegenden erdichteten Sonne mit dem Aequator zusammenfallen; so wird ihre gerade Aufsteigung gleichförmig wachsen, und die Zwischenzeiten zwischen zwei aufeinander folgenden Durchgängen dieser erdichteten Sonne durch den Meridian werden gleich groß sein. Man nennt die Zeit, welche diese erdichtete Sonne zeigen würde, die **mittlere Zeit**, und diejenige, welche die Sonne wirklich zeigt, die **wahre Zeit**. Der Unterschied zwischen beiden heißt die **Zeitgleichung**, welche

hiernach gefunden wird, wenn man den Unterschied zwischen der wahren geraden Aufsteigung der Sonne und der geraden Aufsteigung der erdichteten Sonne in Zeit verwandelt, indem man 15° auf eine Stunde rechnet. Die astronomischen Kalender geben unter der Aufschrift mittlere Zeit im wahren Mittag an, was eine gleichförmig nach mittlerer Zeit gehende Uhr zeigen muß, wenn die Sonne durch den Meridian geht. Man bedient sich in der Astronomie dieser mittleren Zeit bei der Untersuchung der Bewegung der Himmmelskörper, und sie dient eben so gut wie die Sternzeit zur Prüfung des gleichförmigen Gangs der Uhren.

Zenith, (arab.) Scheitelpunkt eines Ortes der Erde, ist derjenige Punkt des Himmels, welcher dem Beobachter an diesem Orte genau über dem Scheitel steht, also der höchste Punkt des scheinbaren Himmelsgewölbes, welcher vom Horizont nach allen Seiten um 90° entfernt ist, von dem eine gerade Linie nach dem Scheitel des Beobachters gezogen, senkrecht auf der Horizontalebene steht, die verlängert durch den Mittelpunkt der Erde geht und noch weiter verlängert an der scheinbaren Himmelskugel denjenigen Punkt trifft, der am tiefsten unter dem Horizont liegt und der Fußpunkt oder (arab.) Nadir heißt. — Die Zenithdistanz, Abstand des Scheitels, eines Sternes ist der Abstand desselben von dem Zenith, welcher in dem Höhenkreise des Sternes gemessen wird, und die Höhe des Sternes zu 90° ergänzt. Die Zenithdistanz eines Sternes in Zenith ist = 0, die eines Sternes im Horizont = 90°. (Vergl. d. Art. Höhe eines Gestirnes.)

Zerstreuung des Lichtes, oder unregelmäßige Reflexion nennt man die Eigenthümlichkeit, daß, wenn auf einen Körper Licht fällt, dieses nicht völlig durchgelassen (gebrochen) oder reflectirt, sondern zum Theil auch nach allen Seiten zurückgestrahlt wird, so daß der Körper wie ein selbstleuchtender erscheint. Ein Körper zerstreut um so mehr Licht und wirft desto weniger Licht zurück, je nachdem seine Oberfläche ist. Der wahrscheinliche Grund der Zerstreuung ist der, daß jeder rauhe Körper eine Menge kleiner Theilchen auf seiner Oberfläche liegen hat, welche dem einfallenden Lichte eine Menge höchst verschiedener und mannigfach gegen einander geneigter Flächen entgegenstellen, von welchen jede, wenn sie auch noch so klein ist, das Licht nach den Gesetzen der Zurückwerfung reflectirt. Die Menge dieser kleinen Flächen macht die Erscheinung so zusammengesetzt, daß es nicht möglich ist, die Gesetze der Zurückwerfung zu verfolgen. Je ebener eine Fläche ist, desto mehre von den kleinen Ebenen der Theilchen auf der Oberfläche fallen zusammen in dieselbe Ebene und geben zusammen die augenfällige Erscheinung der Reflexion, gegen welche die Zerstreuung als unbedeutend erscheint. — Vgl. d. Art. Licht und Zurückwerfung.

Eine speciellere Erscheinung versteht man unter Farbenzerstreuung. Bekanntlich läßt sich das weiße Sonnenlicht in Farben zerlegen (s. d. Art. Brechbarkeit und Farbe) und die verschiedenen farbi-

gen Lichtstrahlen, welche vereint das weiße Sonnenlicht geben, werden durch dasselbe Mittel, durch welches sie hindurch gehen, in verschieden großen Winkeln von der Einfallsrichtung abgelenkt, oder besitzen verschiedene Brechungsexponenten (vergl. d. Art. Brechung, einfache und Farbe S. 311). Diese verschiedene Brechbarkeit tritt nur dann sichtbar hervor, wenn die Farbenstrahlen beim Wiederaustritt aus dem brechenden Körper nicht wieder zu weißem Lichte sich vereinigen, und diese ihre Erscheinung ist es, welche man die Farbenzerstreuung nennt. Sie tritt namentlich auf, wenn man das Licht durch ein Prisma gehen läßt (s. d. Art. Brechbarkeit). Man stellt die Beobachtungen über Farbenzerstreuung gewöhnlich in einem dunklen Zimmer an, in welches nur durch eine kleine willkührlich zu bestimmende Oeffnung das Licht eintreten kann. Baumgartner gibt die Vorsichtsmaßregeln, die bei diesen Versuchen zu beobachten sind, näher an. Die Oeffnung, durch welche man das Licht in den Raum leitet, worin man den Versuch anstellen will, soll, um eine hinreichende Lichtstärke zu gestatten, nicht gar klein sein; um aber homogenes Licht durch ein Prisma zu erhalten, soll der Durchmesser, der in einer auf der Axe des Prisma senkrechten Ebene liegt, verschwindend klein sein; denn jede angebbare Dimension der Oeffnung nach dieser Richtung verursacht eine Vermischung der homogenen Farben im Spectrum. Ist z. B. A (Fig. 441) das Prisma, SS der auf der Axe desselben senkrechte Querschnitt der Oeffnung und sind Sa, Sb die äußersten auf A fallenden Strahlen, so gibt jeder dieser Strahlen ein Farbenbild. Das von Sa fällt auf der Tafel, worauf man es auffängt, in den Raum $\alpha\beta$, das von Sb in den Raum $\gamma\delta$ und das der zwischen Sa und Sb liegenden Strahlen ist zwischen α und δ enthalten, es fällt jeder Theil eines solchen Spectrums in den Raum eines andern und dadurch wird die Homogeneität des Lichtes aufgehoben. — Ein anderer der Erzielung eines homogenen Farbenbildes hinderlicher Umstand ist die Ausdehnung des leuchtenden Körpers, dessen Licht untersucht werden soll. Gewöhnlich braucht man Sonnenlicht und die Sonne erscheint nahe unter einem Durchmesser von 30′. Läßt man demnach auch nur durch eine Oeffnung, die einem Punkte gleicht, zum Behufe eines Versuches mit einem Prisma, in ein verfinstertes Zimmer directes Sonnenlicht bringen, so fahren die Strahlen, nachdem sie die Oeffnung verlassen haben, auseinander und es kommen nicht blos mehre derselben zugleich auf das Prisma, sondern sie haben auch eine verschiedene Neigung gegen die Vorderfläche desselben, welches begreiflicher Weise die Homogeneität der einzelnen Farben des Hauptspectrums sehr beeinträchtigen muß. — Endlich sind selten die Seitenflächen der Prismen vollkommen plan, deren Masse vollkommen homogen und an jeder Stelle mit gleichem Brechungsvermögen begabt, so daß bei vielen Prismen unter übrigens günstigen Umständen doch keine homogenen Farben erzielt werden können. — Aus dem Vorhergehenden kann man leicht die Maßregeln entnehmen, welche bei Versuchen über Farbenzerstreuung unerläßlich sind. Vor allem wird nothwendig sein, die Fensteröffnung möglichst klein zu machen und zwar in der auf der Axe des Prisma senk-

rechten Richtung. Wählt man ein sehr kleines rundes Lichtloch, so wird das Spectrum auch nur eine dem Durchmesser desselben gleiche Breite haben und deshalb keine genaue Untersuchung der einzelnen Farben gestatten. Eine hohe und schmale Oeffnung und eine verticale Stellung des Prisma ist am zweckmäßigsten. — Um dem widrigen Einflusse der Größe des Sonnendurchmessers auszuweichen, kann man das Licht, bevor es auf das Prisma gelangt, mit einer Convexlinse concentriren, in deren Brennpunkte ein vielmal verkleinertes Sonnenbild erscheinen wird, und überdieß noch, wenn es einem nicht um bedeutende Lichtstärke zu thun ist, das Licht nach der Concentration abermals durch einen Schirm mit einer kleinen Oeffnung gehen lassen, wie Fig. 442 zeigt; endlich läßt man das Licht in der Nähe der Kante des brechenden Winkels ins Prisma eindringen, um den in denselben zurückzulegenden Weg möglichst zu verkürzen und den Einfluß einer etwaigen Heterogeneität der Materie zu schwächen. Allein durch alle diese Mittel erhält man zwar ein Spectrum, dessen Farben weniger heterogen sind, als die eines solchen, das man ohne Beachtung dieser Vorsichten erhält; vollkommen homogen werden die Farben aber nur durch das zuerst von Fraunhofer angegebne Verfahren. — Das Wesentliche desselben besteht darin, daß man das Licht, nachdem es im Prisma die Brechung und Zerstreuung erlitten hat, durch eine achromatische Sammellinse leitet, damit alle von einem Punkte ausgehenden homogenen Strahlen wieder in einen Punkt gesammelt werden, und das durch sie gemachte Bild entweder mit einer Tafel auffängt oder zur Erlangung einer größern Lichtstärke mit einer Sammellinse ansieht. Das letzte Verfahren gewährt zugleich den Vortheil, daß man das ganze Phänomen vergrößert sieht. Es ist leicht einzusehen, daß man sich dazu gleich eines achromatischen astronomischen Fernrohrs bedienen kann, und daß sich in diesem Falle die Erscheinung viel reiner ausnehmen muß, weil das Ocular mit seinem Objective schon zweckmäßig verbunden, und eines gegen das andere gehörig abgeglichen ist, um ein reines deutliches Bild zu gewähren. — Diesem gemäß ist nun folgender zu genanntem Zwecke vorzüglich brauchbarer Apparat eingerichtet: AB (Fig. 445.) ist ein vorzüglich gutes achromatisches Fernrohr, an dessen durchbrochenem Objectivdeckel ein vollkommen wellenfreies Flintglasprisma mit genau ebenen Wänden und einem Winkel von etwa 60° so angebracht wird, daß der Strahl, welcher sich nach der Brechung in der Axe dieses Rohres befindet, unter demselben Winkel auffallen muß, unter welchem er austritt. Zur leichtern Stellung dieses Instruments befindet sich vor dem Rohr ein Diopter C, das sich unter einem Winkel gegen die Axe des Rohrs stellen läßt, welcher demjenigen gleich ist, unter dem die Strahlen das Rohr treffen müssen, wenn sie nach der Brechung ins Fernrohr gelangen und in dessen Gesichtsfelde erscheinen sollen. — Beim Gebrauche dieses Instruments bringt man am Fensterladen eine verticale, höchstens 20 Secunden breite Spalte an und leitet durch sie, am besten mittels eines Heliostats, einen horizontalen Lichtstreifen auf das am Objective des genannten Fernrohrs befestigte Prisma, dessen Axe genau vertical gestellt ist, so daß die Brechung in horizontaler Richtung er-

folgt, nachdem man, bevor das Prisma angesetzt wurde, das Ocular so gerichtet hat, daß man die Oeffnung am Fenster deutlich durch dasselbe sieht. Da erblickt man im Gesichtsfelde des Instruments ein horizontal liegendes Farbenbild mit unzähligen verticalen Linien, die viel dunkler sind, als ihr Grund, deren einige völlig schwarz erscheinen, wie sie in der Fig. 40. abgebildet sind. Einige sind dicker als die anderen und lösen sich bei einer stärkeren Vergrößerung in zwei oder mehre auf; sie erscheinen nicht an den Grenzen der einzelnen Farben, aber doch immer an derselben Stelle, das Prisma mag aus was immer für einem Material bestehen, dessen brechender Winkel und die Oeffnung am Fenster wie immer verändert werden; nur wenn man statt des Sonnenlichtes das Licht eines andern leuchtenden Körpers anwendet, verändern sie ihren Platz oder verschwinden ganz und es kommen andere, nicht minder dunkle an ihre Stelle. In der abgebildeten Figur ist ungefähr bei A das rothe, bei I das violette Ende des Farbenbildes. In A ist eine sehr scharf begrenzte Linie, bei a sind mehre Linien, die gleichsam einen Streifen bilden, B und C erscheint scharf begrenzt, schwarz und dick, zwischen B und C zählte Fraunhofer 9 sehr feine scharf begrenzte Linien. D besteht aus zwei starken Linien, die eine helle Linie trennt, zwischen C und D liegen ungefähr 30 feine Linien. E besteht aus mehren Linien, wovon die mittlere stärker ist als die übrigen, innerhalb D und E lassen sich etwa 84 Linien von verschiedener Stärke wahrnehmen. F ist eine starke Linie; der Raum zwischen E und F ist mit mehrern Linien besetzt, zwischen E und b sind ungefähr 24 Linien, bei b drei sehr starke Linien, worunter 2 durch eine helle schmale Linie getrennt sind, zwischen b und F zählte Fraunhofer 52 Linien. Bei G befinden sich viele Linien, einige darunter sind sehr stark, zwischen F und G liegen etwa 185 Linien von verschiedener Stärke. Bei H befinden sich 2 Streifen, die aus vielen Linien bestehen, und in der Mitte eine sehr schwarze starke Linie haben. Zwischen G und H sind 190 Linien wahrnehmbar. Auch zwischen H und I trifft man viele Linien an, so daß man zwischen B und H ungefähr 574 Linien zählen kann. — Wenn man die Oeffnung am Fenster vergrößert, werden diese Linien matter und wenn diese 40'' breit sind, verschwinden sie ganz. Die Ursache dieser Erscheinung ist leicht einzusehen. Die dunklen Linien würden offenbar am besten wahrnehmbar erscheinen, wenn diese Oeffnung nur eine Lichtlinie wäre; bei dem gewöhnlichen Verfahren, wo diese Oeffnung eine angebbare, wenn auch nicht bedeutende Breite hat, besteht sie gleichsam aus einem System paralleler Lichtlinien, deren jede ihr eigenes Farbenbild mit den darin befindlichen dunklen Linien gibt. Ist demnach die Oeffnung so breit, als der breiteste dieser Streifen, o fällt in den Raum, welchen der Streifen einer Lichtlinie einnimmt, das Licht von dem andern und macht erstern unkenntlich; noch mehr muß dieses mit den minder breiten Streifen der Fall sein. Darum darf man die Oeffnung am Fenster nicht breiter machen, als zur Erlangung einer hinreichenden Lichtstärke in dem beabsichtigten Bilde nöthig ist; aus diesem Grunde reicht man auch bei den hellern Theilen des Farbenbildes, z. B. beim

Gelben mit einer ungemein schmalen Oeffnung sattsam aus. — Da im Fernrohre das Bild der brechbarern Strahlen eine andere Entfernung vom Ocular haben muß, als das der minder brechbaren, so wird man auch bei derselben Stellung des Oculars nicht alle Streifen gleich gut sehen können. Ist das Ocular so gestellt, daß man die Linien im rothen Theile des Farbenbildes deutlich sieht, so muß man es etwas hineinschieben, um die Linien im gelben und noch mehr, um die im blauen deutlich zu sehen. — Ist das Prisma nicht unveränderlich gegen das Objectivglas gestellt, und man sieht die dunklen Linien im Fernrohre deutlich, wenn der Strahl das Prisma unter demselben Winkel verläßt, unter welchem er eintritt; so braucht man das Prisma nur etwas um seine Axe zu drehen und die Gleichheit dieser Winkel zu stören, und es werden diese Linien verschwinden, aber wieder erscheinen, wenn die Stellung des Oculars geändert wird, und zwar muß dieses eingeschoben werden, wenn der Einfallswinkel vergrößert, hingegen herausgezogen, wenn er verkleinert worden war. Die Ursache dieser Erscheinung ist nicht schwer einzusehen. Wenn der Einfallswinkel dem Austrittswinkel gleich ist, so verlassen die Strahlen das Prisma mit derselben Divergenz, mit der es sie aufnahm, und das Bild im Fernrohr erscheint an derselben Stelle, wie ohne Prisma, daher es auch deutlich gesehen wird, wenn man vorläufig das Ocular so gestellt hat, daß man die Oeffnung am Fenster, von welcher eigentlich die Lichtstrahlen ausgehen, deutlich sieht. So wie man aber den Einfallswinkel größer macht, so divergiren die gebrochenen Strahlen weniger als die auffallenden, scheinen daher von einem weiter entlegenen Punkte herzukommen, und das vom Objective entworfene Bild ist weiter vom Ocular entfernt. Das Gegentheil muß erfolgen, wenn der Einfallswinkel kleiner gemacht wird. — Wenn man den hier beschriebenen Versuch statt mit Sonnenlicht mit dem Lichte eines Sternes anstellen will, der nur als Punkt erscheint; so braucht man nebst dem vorhin beschriebenen Apparate noch ein Glas, das auf einer Seite vollkommen eben ist, auf der andern aber eine cylindrische Convexität hat, und an das Objectiv des Fernrohrs angebracht wird. Das Farbenbild eines Sternes hat nämlich keine wahrnehmbare Breite, sondern erscheint nur als Linie, die an verschiedenen Stellen verschiedenfarbig ist, es lassen sich darum auch keine Querlinien darin erkennen. Wird aber obiges Glas so gestellt, daß die Axe des Cylinders mit der Basis des Prisma parallel läuft, so wird die Breite des Farbenbildes vergrößert, während dessen Länge unverändert bleibt, und darum kann man die Querlinien sehen.*) — Das Farbenbild, welches auf die vorher beschriebene Weise erzeugt wird, hat nebst der schon genannten Eigenthümlichkeit das Besondere, daß daran der Unterschied der Intensität der verschiedenfarbigen Theile mehr hervorsticht, als in dem auf die gewöhnliche Weise erzeugten Spectrum. Wenn man z. B. das Licht des grünen oder blauen Theiles recht wohl vertragen kann, so blendet das Rothe und noch mehr

*) Vergl. d. Art. Farbe S. 346 ff.

das Gelbe so stark, daß man es kaum auszuhalten vermag, und man fast immer genöthigt ist, die Oeffnung am Fensterladen schmäler zu machen. Darum ist dieses homogene Farbenbild vorzugsweise geeignet zur Bestimmung der relativen Intensität des verschiedenfarbigen Lichtes. Auch diese Bestimmung verdanken wir Fraunhofer. Er bediente sich dazu folgender Vorrichtung: In einem Fernrohre A (Fig. 444.) wird an der Stelle, wohin das vom Objective gemachte Bild fällt, ein kleiner unter 45° gegen die Axe des Rohres geneigter metallener Planspiegel angebracht, dessen verticaler Rand scharf begrenzt ist, und das Gesichtsfeld durchschneidet. Diesen Rand sieht man durch das Ocular sehr scharf. Seitwärts am Ocularrohre ist ein durchschnittenes Rohr so angebracht, daß es auf dem Rand des Spiegels und der Axe des Fernrohrs senkrecht steht, und im Einschnitte ein anderes engeres Rohr B aufnimmt, welches sich in diesem Ausschnitte in verticaler Richtung verschieben läßt. In dem Theile des engen Rohres, welcher der Axe des weiteren entspricht, befindet sich eine kleine Flamme, die von einem communicirenden Oelgefäß genährt wird, und durch eine kleine runde Oeffnung Licht auf den Spiegel sendet. Daher sieht man in der einen Hälfte des Gesichtsfeldes des Fernrohres den von der Flamme beleuchteten Spiegel und in der andern Hälfte desselben eine der Farben des prismatischen Farbenbildes. Die Beleuchtung des Spiegels kann man durch Annäherung der Flamme verstärken und durch Entfernung derselben schwächen, und daher sie so modificiren, daß der scharfe Rand des Spiegels bei derselben Stellung des Oculars am wenigsten deutlich erscheint. In diesem Falle kann man füglich annehmen, daß der Spiegel eben so stark beleuchtet ist, wie der daneben erscheinende Theil des Farbenbildes. Nimmt man nun an, die Intensität der Beleuchtung des Spiegels stehe im verkehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernung der Lampe von demselben, so kann man wohl die relativen Lichtstärken der einzelnen Theile des Farbenbildes durch Zahlen ausdrücken. Fraunhofer machte bei diesen Versuchen die Oeffnung am Fenster so groß, daß die dunklen Streifen im Farbenbilde nicht gesehen wurden, ließ das Sonnenlicht vor dem Fensterladen von einer rauhen Glasplatte reflectiren, und brachte auch zwischen der Flamme und dem Planspiegel eine solche matte Platte an, durch welche erst der Spiegel beleuchtet wurde, und maß dann immer die Entfernung der Flamme von diesem Glase. Auf diesem Wege erhielt er folgende Zahlenwerthe für die Intensität der farbigen Theile des Spectrums, die ein Mittel aus vier Versuchen sind;

Intensität	bei B	= 0,032
	C	= 0,094
	D	= 0,64
	zwischen D und E	= 1,00
	bei E	= 0,48
	F	= 0,17
	G	= 0,031
	H	= 0,0056.

Durch die Curve MNO (Fig. 40.) werden diese Intensitäten graphisch dargestellt, die Intensitäten des Lichtes stellen die Ordinaten, und die gemessenen Bögen am Farbenbilde von der Gattung Flintglas, dessen sich bei diesen Versuchen Fraunhofer bediente, die Abscissen vor. Demnach kann man die Lichtmenge, welche innerhalb des Raumes BC, CD u. s. w. vertheilt ist, durch den Flächenraum MNO ausdrücken. Nimmt man die Lichtmenge in dem Raume DE als Einheit an, so hat man

die Lichtmenge im Raume BC = 0,021
" " CD = 0,299
" " DE = 1,000
" " EF = 0,328
" " FG = 0,185
" " GH = 0,035.

Die mittlere Lichtstärke ist 0,3113 und diese wird demnach zwischen EF und FG, aber nahe an EF fallen.

Fraunhofer fand nun, indem er die Brechungsexponenten der Linien B, C, D, E, F, G, H, die wir mit n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, bezeichnen wollen, für verschiedene brechende Substanzen bestimmte, nachstehende Resultate:

Brechende Körper.	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7
Flintglas No. 13..........	1,627749	1,629681	1,635036	1,642024	1,648260	1,660285	1,671062
Kronglas.....	525832	526849	529587	533005	536052	541657	546566
Wasser........	330935	331712	333577	335851	337818	341293	344177
Wasser........	330977	331709	333577	335849	337788	341261	344162
Potasche......	399629	400515	402805	405632	408082	412579	416368
Terpentinöl...	470496	471530	474434	478353	481736	488198	493874
Flintglas No. 3...........	602042	603800	608494	614532	620042	630772	640373
Flintglas No. 30..........	623570	625477	630585	637356	643466	655406	666072
Kronglas No. 13	524312	525299	527982	531372	534337	539908	544684
Kronglas Litt. M..........	554774	555933	559075	563150	566741	573535	579470
Flintglas No. 23 und Prisma v. 60°	626596	628469	633667	640495	646756	658848	669686
Flintglas No. 23 und Prisma v. 45°	626564	628451	633666	640544	646780	658849	669680

Wenn man die Sonnenbilder, welche Prismen von verschiedenen Substanzen bilden, aufmerksam betrachtet, so erkennt man bald, daß die verschiedenen Farben, obgleich sie stets in derselben Ordnung auf einander folgen, dennoch nicht proportionale Längen einnehmen. So

z. B. gibt ein Flintglasprisma verhältnißmäßig weniger Roth und mehr Violett als ein Kronglasprisma, und es gibt andere Substanzen, welche noch bei weitem bedeutendere Differenzen darbieten. Im Allgemeinen ist dieselbe Farbe bald mehr oder weniger zusammengezogen, bald mehr oder weniger entwickelt. Diese Erscheinung steht offenbar in Zusammenhang mit den Größen der Brechungsexponenten, welche jeder Farbe entsprechen. Nimmt man den Unterschied dieser Brechungsexponenten für Violett und Roth, so erhält man die (relative) Zerstreuung des Lichtes. Eine Substanz zerstreut das Licht desto mehr, je größer für sie diese Differenz ist. Auf diese Weise findet man, daß nach der eben angeführten Tabelle die Zerstreuung des Lichtes genommen, zwischen der ersten und siebenten Linie durch folgende Zahlen ausgedrückt wird:

Flintglas No. 13 . .	0,043313	Flintglas No. 3	0,038331
Kronglas No. 9 . .	0,020734	Flintglas No. 30	0,042502
Wasser	0,013242	Kronglas No. 13	0,020372
Wasser	0,013185	Kronglas Litt. M	0,024696
Pottasche	0,016739	Flintgl. No. 23 Prisma 60° . .	0,043090
Terpentinöl	0,023378	Flintgl. No. 23 Prisma 45° . .	0,043116

Das Wasser ist also unter diesen Substanzen dasjenige, welches die geringste Zerstreuung besitzt, während Flintglas die größte hat. Man kann dieses leicht zeigen, wenn man ein Flintglasprisma und ein Wasserprisma (ein gläsernes Prisma aus Spiegelglas mit Wasser gefüllt) nimmt, deren Winkel z. B. so sind, daß die rothen Strahlen ungefähr dieselbe Ablenkung erfahren, denn in diesem Falle wird man sehen, daß in demselben Abstande das erste Farbenbild viel weniger Länge als das zweite haben wird, oder was dasselbe, daß es vom Prisma aus gesehen, unter bei weitem kleinerem Winkel erscheinen wird.

Man muß nicht bloß die totale Zerstreuung jeder Substanz kennen, sondern auch die Zerstreuung, welche sie in Bezug auf die einzelnen Strahlen ausübt. So werden für die Strahlen zwischen dem ersten und zweiten Striche die Zerstreuungen des Flintglases No. 13, des Kronglases No. 9 und des Wassers ausgedrückt durch die Zahlen 0,001932; 0,001017; 0,000777; denn diese Zerstreuungen sind die Differenzen der Brechungsexponenten, welche den Grenzen des Intervalles d. h. dem ersten und dem zweiten Striche entsprechen. Wenn man die theilweise oder totale Zerstreuung einer Substanz dividirt durch die entsprechende Zerstreuung einer andern Substanz, so erhält man das Zerstreuungsverhältniß. Auf diese Weise ist nachstehende Tabelle aus der oben angegebenen abgeleitet. Die Ueberschriften über den einzelnen Columnen zeigen die Formeln an (mit der oben angegebenen Bedeutung von n_1, n_2 u. s. w.), nach welchen die darunterstehenden Zahlen berechnet sind, und zwar bezeichnen die accentuirten Buchstaben n'_1, n'_2 u. s. w. die Brechungsexponenten der minder zerstreuenden Substanzen.

Brechende Körper.	$\frac{n_2 - n_1}{n'_2 - n'_1}$	$\frac{n_3 - n_2}{n'_3 - n'_2}$	$\frac{n_4 - n_3}{n'_4 - n'_3}$	$\frac{n_5 - n_4}{n'_5 - n'_4}$	$\frac{n_6 - n_5}{n'_6 - n'_5}$	$\frac{n_7 - n_6}{n'_7 - n'_6}$
Flintglas No. 13 u. Wasser	2,562	2,871	3,073	3,193	3,460	3,726
Flintglas No. 13 und Kronglas No. 9..........	1,900	1,956	2,044	2,047	2,145	2,195
Kronglas No. 9 u. Wasser	349	468	1,503	1,560	1,613	1,697
Terpentinöl und Wasser...	371	557	723	732	860	963
Flintglas No. 13 und Terpentinöl..............	868	844	783	843	861	899
Flintglas No. 13 u. Kali	2,181	2,388	2,472	2,545	2,674	2,844
Kali und Wasser..........	1,175	1,228	1,243	1,254	1,294	1,310
Terpentinöl und Kali.....	167	268	386	381	437	498
Flintglas No. 3 und Kronglas No. 9..........	729	714	767	808	914	956
Kronglas No. 13 u. Wasser	309	436	492	518	604	651
Kronglas Litt. M u. Wasser	537	682	794	839	956	2,052
Kronglas Litt. M und Kronglas No. 13.........	174	171	202	211	220	1,243
Flintglas No. 13 und Kronglas Litt. M.........	667	704	715	737	770	816
Flintglas No. 3 und Kronglas Litt. M.........	517	494	482	534	579	618
Flintglas No. 30 und Kronglas No. 13.........	932	904	997	2,061	2,143	2,233
Flintglas No. 23 und Kronglas No. 13.........	904	940	2,022	107	168	268

Man sieht aus dieser Tafel, daß die theilweisen Zerstreuungs-Verhältnisse der verschiedenen Substanzen im Allgemeinen sehr verschieden sind, und daß sie im Allgemeinen von den Intervallen der ersten Striche bis zu den Intervallen der letzten wachsen.

Das Zerstreuungsvermögen einer Substanz ist der Quotient, welchen man erhält, wenn man seine Zerstreuung durch den mittleren Brechungsexponenten weniger 1 dividirt. Der mittlere Brechungsexponent ist derjenige, welcher dem mittleren Strahle des Farbenbildes entspricht. In nachstehender Tabelle sind, größtentheils nach Beobachtungen von Brewster, die Zerstreuungen, d. h. der mit dn bezeichnete Unterschied der Brechungsexponenten der äußersten Strahlen angegeben, so wie die Zerstreuungsvermögen $\frac{dn}{n-1}$ einer Reihe von Körpern.

Zerstreuungsverhältnisse.

dn bedeutet den Unterschied der Brechungsexponenten der äußersten Strahlen; $\frac{dn}{n-1}$ den Quotienten aus diesem und dem Brechungsexponenten für die mittleren Strahlen.

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Aepfelsäure	0282	011
Aether	037	012
Alaun	036	017
Alkohol	029	011
Aloe	085	058
Ambra	032	012
Angelicaöl	051	025
Aniesöl	074	044
Apophyllit	031	017
Auge vom Kabeljau: Wasserfeuchtigkeit	035	012
" " Glasfeuchtigkeit	035	012
Axinit	030	022
Balsam: Canada	045	024
" Copavia	041	021
" Peruvianischer	093	058
" Styrax	069	039
" Tolu	103	065
Baryt, schwefelsaurer	029	019
" kohlensaurer	0285	015
Bergamotöl	049	023
Bernstein	041	023
Beryll	037	022
Bergkrystall, ord.	00315	017
" extr.	00321	01727
Bibergeil	036	01882
Bittermandelöl	079	048
Blausäure	0227	080
Blei, chromsaures max.	400	770
" " min.	262	388
" essigsaures	069	040
" kohlensaures max.	091	091
" " min.	066	056
" schwefelsaures	066	056
Borax, geschmolzen	030	014
Boraxglas	026	014
Cajeputöl	044	021
Cassiaöl	139	089
Cautschouc	052	028
Chamillenöl	046	021
Chrysoberyll	025	019
Chrysolith	033	022

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Citronensäure	0,035	0,010
Copal	024	013
Cryolith	022	007
Diamant	038	056
Dillsamenöl	049	023
Eisen, schwefelsaures	039	019
Eiweis vom Ei	037	013
Elemiharz	039	021
Epidot	035	024
Feldkümmelöl	049	024
Feldspath	042	022
Fenchelöl	055	028
Fenugreköl	050	024
Flohkrautöl	049	024
Flußspath	022	010
Frauenmünzöl	054	026
Gewürznelkenöl	062	033
Glas, gemeines	036	
" zu Bouteillen	040	023
" braunes	044	025
" dunkelrothes	060	044
" purpurrothes	051	031
" oranges	053	042
" grünes	061	037
" (Flint-) borsaures Bleioxyd	0740	
" kieselh. alborsaures Bleioxyd	0703	
" "	0527	032
" "	052	029
" "	048	028
" "	048	
" verschiedene Sorten	0457 0525	
" (Crown-) grün	036	020
" verschiedene Sorten	033 0346	
Guajak	066	041
Gummi-Ammoniak	063	037
" arabisches	036	018
Harz, gemeines	057	032
Horn	045	025
Kalkspath, ord.	03022	0455
" extr.	01389	0282
Kümmelöl	065	033
Kupfer, schwefelsaures	036	019
Lavendelöl	045	021
Leim	041	022

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Leucit	0,035	0,018
Limoniöl	048	023
Majoranöl	045	022
Mastix	038	022
Mohnöl	044	020
Myrrhengummi	037	020
Nußöl	043	022
Obsidian	037	018
Olibanumgummi	045	024
Olivenöl	038	018
Pappelöl	044	020
Pech, Burgunder	043	024
Pfeffermünzöl	040	019
Phosphor	128	156
Phosphorglas	03157	017
Phosphorsäure, feste	032	017
" flüssige	0283	012
Pimentöl	052	026
Pyrop	033	026
Rapsöl	040	019
Rautenöl	037	016
Realgar, geschmolzen	267	394
Rhodiumholzöl	044	022
Rosmarinöl	042	020
Sababaumöl	044	021
Salpeter Min.	0304	009
Salpetrige Säure	044	018
Salpetersäure	045	019
Salzsäure	043	016
Sandarrak	046	021
Saphir, blau	026	021
Sassafraßöl	060	032
Schildpatt	045	027
Schwefel, zerschmolzen	130	149
Schwefelbalsam	045	023
Schwefelkohlenstoff bei — 0°,56 C.		03067
" " + 28°,89 C.		03084
Schwefelkupfer	036	019
Schwefelsäure	031	014
Selenit	037	020
Smaragd	026	015
Spinell	040	031
Steinsalz	053	029
Spermacetöl	041	021
Spießglanz, salzsaurer	059	026
Strontian, kohlensaurer max.	046	032
" " min.	027	015

Name der Körper.	$\frac{dn}{n-1}$	dn
Strontian, schwefelsaurer	0,024	0,015
Tabaköl	064	035
Terpentin	048	029
Terpentinöl	042	020
Theeröl	062	032
Topas, bläulich	025	016
" blau	024	025
Turmalin	028	019
Thymianöl	050	024
Wachholdergummi	046	025
Wachholderöl	047	022
Wasser	035	012
Weihrauch	048	028
Weinöl	032	012
Wurmholzöl	049	022
Weinsteinsäure	030	016
Ysopöl	044	022
Zirkon	044	045
Zucker	036	020

Zink (Spiauter), ein ehemals nur aus dem Orient kommendes, und von den Alten nur als Oxyd unter dem Namen Kadmia gekanntes, schweres, unedles Metall, wurde zuerst von Paracelsus im 16ten Jahrhundert als eigenthümliches Metall erkannt, und wurde in Europa erst seit der Mitte des 18ten Jahrhunderts häufiger als Metall dargestellt. — Natürlich findet man es meist nur als kohlensaures Oxyd, und in Verbindung mit Schwefel im Galmey und in der Zinkblende. Die Darstellung des Zinks im Großen ist ein Destillationsproceß. Das im Handel vorkommende ostindische Zink ist das reinste, nächstdem das schlesische. Das reine Metall ist von bläulich grauweißer Farbe, und starkem Glanz, strahlig blättrigem Gefüge, und mittelmäßiger Härte und 6,8 — 7,0 spec. Gewicht. Wenn es krystallisirt, erscheint es in vierseitigen Säulen und Nadeln; es klingt, zerspringt in der Kälte unter dem Hammer, läßt aber durch allmähligem Druck zu Platten und Dräthen sich verarbeiten, und zeigt seine größte Dehnbarkeit zwischen 80 bis 120° R., wogegen es bei 164° R. so spröde wird, daß es sich pulvern läßt. Bei 290° R. schmilzt es noch vor dem Glühen, und verflüchtigt sich bei schwacher Weißglühhitze. Bekannt ist die bedeutende elektrische Spannung des Zinks im Verhältniß zu den meisten übrigen Metallen. — Die Verbindungen des Zinks mit andern Körpern betreffend, ist zuerst die einzige genau erkannte Sättigungsstufe des Zinks mit Sauerstoff, das Zinkoxyd (Zinkblumen, Zinkkalk) zu nennen. Es kommt natürlich mit etwas Eisen- und Manganoxyd als Rothzinkerz vor. Doch schon durch bloße Berührung mit der Luft,

und bei gewöhnlicher Temperatur überzieht sich das Zinkmetall nach und nach mit einem grauen, sehr harten Häutchen, welches sich schwerer in Säuren auflöst, als das Metall; Berzelius betrachtet diesen Ueberzug als ein Suboxyd, Proust dagegen als ein Gemenge von Metall und Oxyd. Glüht man das Zink an der Luft, so entzündet es sich, brennt mit blendender, grünlich und bläulich weißer Flamme, und verwandelt sich in eine weiße, zarte, flockige Substanz, das eigentliche Oxyd. Das natürliche Oxyd erscheint in geraden rhombischsäulenförmigen, durchscheinenden Krystallen von rother Farbe und Demantglanz; das künstliche dagegen als ein weißes, lockeres, sehr leichtes, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver von 5,600 spec. Gew., welches beim Erhitzen vorübergehend gelb wird. Frisch bereitet leuchtet es eine Zeit lang im Dunkeln, schmilzt bei starker Rothglühhitze zu einem gelben Glas, und verflüchtigt sich in der stärksten Weißglühhitze. Mit Wasser tritt es zu Zinkoxydhydrat zusammen, und bildet mit Säuren die Zinkoxydsalze, farblose, meistens im Wasser lösliche Körper von herbem metallischem Geschmack. Auch zu den Alkalien hat das Zinkoxyd große Verwandtschaft und bildet gern mit ihnen Doppelsalze; Zinkhyperoxyd bildet sich durch Digestion des gallertartigen Zinkoxydhydrats mit Wasserstoffhyperoxyd, ein weißes, leicht zerlegbares Pulver. Mit Stickstoff verbunden erscheint das Zink als salpetersaures Zinkoxyd, ein Salz, welches in wasserhellen, gestreiften, gedrückten, 4seitigen Säulen mit 4flächiger Zuspitzung krystallisirt, an der Luft zerfließlich, leicht löslich in Wasser und Weingeist, von scharfem herben Geschmack ist, und auf glühenden Kohlen mit rother Flamme verpufft. Chlorzink (Zinkbutter) ist eine halbdurchsichtige, weißlichgraue Masse von Wachsconsistenz, welche in der Glühhitze in weißen Nadeln sublimirt. Mit Wasser versetzt bildet das Chlorzink das salzsaure Zinkoxyd, eine gallertartige, nach starker Austrocknung feste, bräunliche Masse, von herbsäuerlichem, metallischem Geschmack, welche, nach Schindler, in concentrirter Lösung, und versetzt mit überschüssiger Salzsäure durch Abdampfen octaedrische Krystalle gibt. Sie ist im Wasser, auch im Weingeist und Aether löslich, und wurde als Lösung in Aether unter dem Namen Zinkäther als Arzneimittel vorgeschlagen. Schwefelzink, das sich natürlich als Blende in demantglänzenden Rautendodekaedern von schwarzer, rother, gelber, grüner Farbe u. s. w. und 4,07 spec. Gew. findet, läßt sich auf künstlichem Wege etwas schwierig durch Zusammenschmelzen des Zinks mit Schwefel, wobei zuweilen Feuererscheinung stattfindet, bilden. Das künstliche ist eine gelbe oder braune, locker zusammenhängende, sehr strengflüssige Masse; dagegen der Niederschlag, den man durch Zerlegung eines Zinkoxydsalzes mittels Hydrothionsäure auf nassem Wege erhält, ein weißes Pulver. Schwefelsaures Zinkoxyd (weißer Vitriol, weißer Galitzenstein) ist ein in farblos durchsichtigen, geraden rhombischen Säulen, mit 4flächiger Zuspitzung, und in unregelmäßiger 6- und 8seitigen Säulen krystallisirendes Salz, von 1,9 spec. Gewicht und zusammenziehendem, unangenehm metallischen Geschmack, löslich in 2,28 kaltem, und weniger als seinem gleichen Gewicht kochendem Wasser. Es verwittert langsam an trockner, war-

mer Luft, und schmilzt in gelinder Hitze in seinem Krystallisationswasser; wobei die Flüssigkeit, wenn sie schnell erkaltet, zu einer körnigen krystallinischen, weißen, dem Hutzucker ähnlichen Masse erstarrt, in welcher Form der weiße Vitriol im Handel vorkommt. Wird das Salz anhaltend erhitzt, so verliert es alles Krystallisationswasser, und es bleibt dann eine weiße Salzmasse, sogenannter calcinirter Vitriol zurück. Zu nennen sind hier noch das halbschwefelsaure und saure schwefelsaure Zinkoxyd. Mit Kohlenstoff geht der Zink zwei Verbindungen ein, zu kohlensaurem Zinkoxyd und Cyanzink. Ersteres (natürlich als Galmei oder Zinkspath und Zinkblüthe vorkommend) tritt künstlich in zwei ihren Eigenschaften nach wenig verschiedenen Sättigungsstufen auf, als einfach und basisch kohlensaures Zinkoxyd. Der Zinkspath erscheint in weißen, graulichen, rhombischen Krystallen, in seiner Zusamensetzung dem künstlichen, einfachsauren Salze entsprechend, welches ein zartes, weißes, ziemlich schweres Pulver ist. Die Zinkblüthe, eine weiße, zerreibliche, erdige Masse, entspricht dem künstlichen, basisch kohlensauren Salze, welches gleichfalls als zartes, weißes, ziemlich lockeres, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver, das in der Glühhitze die Säure fahren läßt, auftritt. Cyanzink (blausaures Zinkoxyd), erhalten durch Fällung von essigsaurem Zinkoxyd mit Blausäure, zeigt sich als blendendweißes, matt silberglänzendes, geschmackloses Pulver, welches im Wasser und Weingeist unlöslich, in Salzsäure und Aezammoniak, sowie in blausaurem Kali leicht löslich, in der Hitze zerstört wird, und durch Einwirkung starker Säuren Blausäure entwickelt. Es wird bisweilen in Pulverform zu innerlichem Gebrauch verordnet. Mit Kieselerde verbunden kommt das Zinkoxyd als Zinkglas, zum Theil als Galmey natürlich vor. Endlich noch eine Verbindung mit Kalium: das Cyanzinkkalium, ein in glänzendweißen, regelmäßigen Octaedern krystallisirendes, im Wasser leicht lösliches Salz, von eigenthümlich süßlichem Geschmack.

Zinn (Jupiter) ein schon den Phöniziern bekanntes unedles schweres Metall, das natürlich meist nur als Oxyd, Zinnstein, und mit Schwefel und Kupfer verbunden im Zinnkies vorkommt. Das reine Zinn ist stark glänzend, von silberweißer Farbe, krystallisirt nach Breithaupt, wenn man es langsam erkalten läßt, und den noch flüssigen Theil abgießt, in sechsseitigen Säulen; es ist weich, wenn auch härter als Blei, läßt sich leicht mit dem Messer schneiden, knirscht beim Biegen stark, und klingt. Es läßt sich zu sehr dünnen Platten ausdehnen, unter welcher Gestalt es im Handel als Zinnfolie, Stanniol, falsches Blattsilber vorkommt, aber nicht zu feinem Draht ausziehen, vereinigt sich mit dem Quecksilber sehr leicht zu Amalgam. Sein spez. Gew. beträgt 7,291 — 7,299. Wird es bis 160° R. erhitzt, so wird es spröde bis zum Pulverisiren, es schmilzt schon bei 184° R. und läßt sich nur in sehr starker Weißglühhitze verflüchtigen. — Mit Sauerstoff geht das Zinn zwei Oxydationsstufen ein: Zinnoxydul und Zinnoxyd; ersteres ein in Masse schwarzes, zerrieben graues, geschmackloses, im Wasser unlösliches Pulver von 6,66 spec. Gew., welches durch Kohle und kohlenhaltige Körper in der Glühhitze reducirt wird; letzteres natürlich als Zinnstein vorkommend, wo es in

quadratischen Oktaedern braun von Farbe erscheint, jedoch mit verschiedenen Abänderungen ins Schwarze, Graue, Weiße, Gelbe, von 6—7 spec. Gew., dagegen das künstliche ein weißes oder gelbliches Pulver, ist welches beim Erhitzen vorübergehend dunkelt, geschmacklos, unlöslich im Wasser ist, und Lackmus nicht röthet. Zinnasche heißt das graue Pulver, welches wie beim Zink, das blanke der Luft ausgesetzte Metall überzieht, und sich beim Erhitzen des Metalls bis zum Schmelzen bildet; vielleicht ein Zinnoxydul. Beide, das Zinnoxydul sowohl wie das Oxyd, bilden mit Säuren Salze, welche meist farblos, zum Theil gelb, theils unlöslich, theils löslich im Wasser und krystallisirbar sind. Die löslichen schmecken widerlich metallisch, die neutralen werden durch viel Wasser zum Theil in löslich saure und unlöslich basische zerlegt. Die Zinnoxydulsalze schlägt Zink metallisch nieder, und Goldauflösung bewirkt einen braunen violetten, oder purpurfarbenen Niederschlag (Goldpurpur). Das Zinnoxyd dagegen wird aus seinen sauren Auflösungen durch Zink als ein weißes gallertartiges Oxydhydrat niedergeschlagen, und Goldauflösung wirkt auf die Zinnoxydsalze nicht. Auch mit den Alkalien verbindet sich das Zinnoxyd, das hier die Stelle der Säure vertritt. Zinnoxyd bildet mit Bleioxyd und Glasmasse Email; die Zinnasche kann zum Poliren der Metalle benutzt werden. Mit Stickstoff tritt das Zinn gleichfalls in 2 Verbindungen auf, als salpetersaures Zinnoxydul und Oxyd. Ersteres dient als Beize.— Das Chlor ferner vereinigt sich ebenfalls mit dem Zinn, das diesem Dualismus besonders ergeben scheint, in zwei Verhältnissen, nämlich zu einfachem und doppeltem Chlorzinn. Das erste ist eine feste, grau durchscheinende Masse, die vor dem Glühen schmilzt, durch starke Hitze theilweise verflüchtigt und zerlegt wird, und mit Wasser versetzt sich in salzsaures Zinnoxydul verwandelt. Dieses ist krystallisirbar, schießt in weißen, rhombischen Säulen und Nadeln an, ist von herbem, unangenehmen metallischen Geschmack, im trockenen Zustande ziemlich luftbeständig, uud löst sich bei vorwaltender Säure leicht in Wasser auf. Diese Lösung zieht jedoch gern Sauerstoff aus der Luft an, und verwandelt sich dann, unter Abscheidung von basischem Salz, in salzsaures Zinnoxyd. Das salzsaure Zinnoxydul wird neuerlich äußerlich als Reiz- und Arzneimittel, innerlich gegen Epilepsie angeordnet. In der Färberei dient es als Beize, zu Lackfarben u. s. w. Das doppelte Chlorzinn (Zinnchlorid, Libav's, rauchender Geist) ist eine wasserhelle, tropfbare Flüssigkeit von 2,25 spec. Gew., die sehr flüchtig ist, an der Luft stark raucht, stechend erstickend riecht und ätzend wirkt. Ein Theil mit $\frac{1}{3}$ Wasser vermischt, wird fest, butterartig und schmilzt in gelinder Wärme, Zinnbutter, welche mit mehr Wasser wieder flüssig wird, und beim Verdunsten, wiewohl schwierig, in kleinen Krystallen anschießt. Zu nennen sind noch, obwohl minder wichtig, die Verbindungen des Zinns mit Brom und Jod, Bromzinn und Jodzinn. Mit dem Schwefel treffen wir das Zinn abermals in 2 Verhältnissen. Er bildet mit ihm das einfache und das doppelte Schwefelzinn. Das einfache, durch Zusammenschmelzen des Schwefels mit Zinn unter Feuerentwicklung gebildet, ist eine bleigraue, strahlig krystallinische, spröde Masse von blätt-

rigem Bruch, und 5,267 spec. Gewicht. Doppelt Schwefelzinn (Musivgold) ist eine lockere glänzend goldgelbe Masse, die aus zarten Schuppen bestehend zuweilen in sechsseitigen Blättchen krystallisirt, sich fettig anfühlt, und stark abfärbt, dabei geschmack- und geruchlos, und unlöslich im Wasser, auch in keiner Säure, außer in Königswasser und in kochender Alkaliauflösung auflöslich ist. Durch Glühen wird es in einfach Schwefelzinn und Schwefel zerlegt. Es dient zum Bronziren und zum Bestreichen des Reibzeugs an der Electrisirmaschine. Verbindungen des Zinns mit Schwefel und Sauerstoff sind das schwefelsaure Zinnoxydul und Zinnoxyd. Zinn mit Kalium giebt ein sprödes Gemische, das in Wasser oder wässrige Säuren geworfen unter Wasserstoffgasentwicklung heftig braust. Ebenso vereinigt sich das Zinn auch leicht mit ätzendem Kali und den andern Alkalien. Das Gemisch des Zinns mit Antimon ist, je nachdem Antimon oder Zinn vorherrscht, spröde oder dehnbar. Eine solche Mischung ist das Pewter der Engländer, woraus Trinkgeschirre verfertigt werden. Zinn und Zink geben eine harte geschmeidige Legirung, welche bei gleichen Theilen dem Messing an Zähigkeit gleichkommt, und auch zur Bereitung des falschen Blattsilbers dient.

Zirconium, die metalloidische Basis der Zirconerde, welche 1824 zuerst von Berzelius aus dem Fluorzirconiumkalium dargestellt wurde als ein schwarzes Pulver, welches gerieben etwas Metallglanz annahm, sich jedoch als Nichtleiter der Elektricität erwieß, was ihm den Platz unter den Metallen streitig zu machen scheint. Es verhält sich gegen Wasser eben so indifferent, wie das Silicium, und Säuren wirken darauf entweder gar nicht, oder selbst im concentrirtesten Zustande nur langsam; am schnellsten wird es wie Silicium durch Flußsäure, oder durch ein Gemisch von Fluß- und Salpetersäure oxydirt. Wird es an der Luft erhitzt, so entzündet es sich, und verwandelt sich in Zirconerde. Dieses Oxyd des Zirconiums, das schon Klaproth 1789 entdeckte, und welches natürlich mit Kieselerde verbunden in einigen seltenen Mineralien, im Zircon und Hyacinth vorkommt, erscheint, künstlich dargestellt, als ein weißes, sich rauh anfühlendes, geschmackloses Pulver von 4,3 spec. Gewicht. Es bildet mit Wasser ein Hydrat und mit Säuren die Zirconerdesalze, farblose, und wenn sie löslich sind, herb und sauer schmeckende Substanzen, welche das Lackmus röthen, und sehr leicht durch Alkalien zerlegbar sind. Mit Chlor verbindet sich das Zirconium unter Feuererscheinung zu einer festen Masse, desgleichen mit Schwefel zu einem braunen im Wasser unauflöslichen Pulver, welches die Elektricität nicht leitet, und durch Flußsäure unter Entwicklung von Hydrothionsäure zerlegt wird. —

Zitterfische. Gewisse Arten von Fische haben das eigenthümliche Vermögen, eine der Entladung der Leidner Flasche ähnliche Erschütterung mitzutheilen, wenn man sie berührt. Man unterscheidet drei Gattungen dieser Fische, den Zitteraal, Zitterrochen und Zitterwels. Nachdem sich schon früher verschiedene Naturforscher mit

Beobachtung und Untersuchung dieser Fische beschäftigt, machte Humboldt im Verein mit Bonpland während seines Aufenthaltes in Südamerika merkwürdige Beobachtungen über die Natur dieser Thiere, so wie über die Art, sie zu fangen. Er berichtet darüber in seinem Reisejournal Folgendes: „Wir reisten am 19ten März frühmorgens nach dem kleinen Dorfe Rastro de Abaxo. Von hier führten uns die Indianer an einen Bach, welcher in der trockenen Jahreszeit ein Bassin schlammigen Wassers bildet, das von schönen Bäumen, von Clusia, Amyris und wohlriechend blühenden Mimosen umwachsen ist. Der Fang der Zitteraale mit Netzen, ist wegen der großen Behendigkeit dieser Fische, welche wie Schlangen sich in den Schlamm einwühlen, sehr schwierig. Man wollte den Barbasco nicht anwenden, d. h. Wurzeln der Piscidia erythrina, der Jaquinia armillaris und einiger Phyllanthusarten, welche, wenn man sie in eine Pfütze wirft, die Thiere berauschen und betäuben, denn dieses Mittel würde die Zitteraale geschwächt haben. Die Indianer sagten uns, sie würden mit Pferden fischen. Wir konnten uns von diesem außerordentlichen Fischfang kaum einen Begriff machen, aber bald sahen wir unsre Führer aus der Savane zurückkommen, wo sie ein Treibjagen auf ungezähmte Pferde und Maulthiere angestellt hatten. Sie führten deren etwa dreißig Stück heran, die man zwang in den Sumpf zu gehen. Der außerordentliche Lärm, den das Stampfen der Pferde macht, reizt die Fische, aus dem Schlamm emporzutauchen, und den Kampf zu beginnen. Diese bräunlichen schlüpfrigen Aale schwimmen nun, ähnlich großen Wasserschlangen, auf der Oberfläche des Wassers und legen sich dicht unter den Bauch der Pferde und Maulthiere. Ein Kampf zwischen Geschöpfen so verschiedener Organisation gewährt das malerischeste Schauspiel. Die Indianer, mit Harpunen und langen dünnen Rohren bewaffnet, umringen im engen Kreise den Tümpel; einige von ihnen steigen auf die Bäume, deren Zweige sich horizontal über die Oberfläche des Wassers neigen. Durch ihr wildes Geschrei, und ihre langen Binsenruthen verhindern sie die Pferde, sich zu retten und das Ufer zu erreichen. Die Aale vertheidigen sich durch wiederholte Schläge ihrer elektrischen Batterieen, und scheinen lange Zeit, den Sieg davonzutragen. Mehre Pferde unterliegen den heftigen, unsichtbaren Schlägen, welche sie von allen Seiten an den wesentlichsten Lebensorganen empfangen; betäubt durch die Kraft und häufige Wiederkehr dieser Erschütterungen, verschwinden sie unter dem Wasser. Andere erheben sich schnaubend, mit gesträubten Mähnen, die Augen wild mit dem Ausdruck der Angst, und suchen dem Gewitter zu entfliehen, was sie überrascht. Die Indianer treiben sie in die Mitte des Wassers zurück; indeß gelingt es einer kleinen Zahl, die Wachsamkeit der Fischer zu täuschen. Sie gewinnen das Ufer, straucheln bei jedem Schritt, und strecken sich in den Sand, außer sich vor Anstrengung, und mit schlaffen Gliedern. — In weniger als fünf Minuten waren zwei Pferde ertrunken. Ein solcher fünf Fuß langer Aal, welcher sich gegen den Bauch des Pferdes andrückt, entladet sein elektrisches Organ in seinem ganzen Umfange. Er trifft auf einen Schlag das Herz, die Einge-

weide und den Plexus coeliacus der Abdominalnerven. Natürlich erleiden also dadurch die Pferde eine weit heftigere Wirkung der Schläge des Fisches, als der Mensch, sobald er ihn nur mit einer seiner Extremitäten berührt. Die Pferde werden wahrscheinlich nicht getödtet, sondern nur betäubt. Sie ertrinken, da sie wegen des zwischen den übrigen Pferden und Zitteraalen fortgesetzten Kampfes nicht im Stande sind, sich wieder zu erheben. — Wir zweifelten nicht, daß der Fang nur mit dem allmähligen Tod der dazu angewendeten Thiere enden würde, allein nach und nach vermindert sich die Heftigkeit dieses ungleichen Kampfes; die erschöpften Zitteraale zerstreuen sich. Sie haben eine lange Ruhe und Ueberfluß an Nahrung nöthig, um den Verlust an galvanischer Kraft zu ersetzen. Die Maulthiere und Pferde schienen nach und nach weniger furchtsam; ihre Mähne sträubte sich nicht mehr; ihre Augen drückten nicht mehr den großen Schreck aus. Die Aale näherten sich furchtsam dem Ufer des Morasts, wo man sie mittels kleiner, an langen Sehnen befestigten Harpunen fing. Sind diese Sehnen recht trocken, so empfinden die Indianer, indem sie den Fisch in die Höhe heben, keine Erschütterung. In wenig Minuten hatten wir fünf große Aale, von denen der größere Theil nur leicht verwundet war. Noch mehr fing man durch dasselbe Mittel gegen Abend. — Die Temperatur der Gewässer, in welchen sich gewöhnlich die Zitteraale aufhalten, beträgt 26° — 27° (wahrscheinlich C). Man versicherte uns, daß ihre elektrische Kraft sich in kälteren Gewässern vermindere. Im Allgemeinen ist es merkwürdig, daß die mit elektricitäterregenden Organen begabten Thiere, deren Wirkungen für den Menschen fühlbar sind, sich nie in der Luft, sondern in einem Fluidum finden, welches die Elektricität leitet. Der Zitteraal ist der größte der elektrischen Fische; ich maß deren, welche 5 Fuß bis 5 Fuß drei Zoll lang waren. Die Indianer versicherten mir, sie hätten noch größere gesehen. Ein Fisch von 3 Fuß 10 Zoll Länge wog 12 Pfund. Der Querdurchmesser des Körpers (ungerechnet die Afterflosse, welche in Form eines Schiffkiels sich verlängert) betrug 3 Zoll 5 Linien. Die Zitteraale von Cano de Vera sind schön olivengrün; der Untertheil des Kopfes braun, mit Roth gemischt. Zwei Reihen kleiner brauner Flecke ziehen sich symmetrisch längst dem Rücken hin, vom Kopfe bis an das Schwanzende. Jeder Fleck umschließt eine zum Ausführen bestimmte Oeffnung; ebenso ist die Haut des Thieres beständig mit einer schleimigen Materie bedeckt, welche, wie schon Volta bewiesen hat, die Elektricität 20 — 30 Mal besser leitet, als reines Wasser. Ueberhaupt ist es sehr merkwürdig, daß keiner der bis jetzt in den verschiedenen Welttheilen entdeckten elektrischen Fische Schuppen trägt." — Humboldt empfing, seinen Aeußerungen zufolge, nie durch eine große Leidner Flasche einen so starken Schlag, als den er empfand, da er seine beiden Füße unmittelbar auf einen eben aus dem Wasser gezogenen Zitteraal stellte. Er empfand lange Zeit einen lebhaften Schmerz in den Knieen, und fast in allen Bändern. Sind die Zitteraale sehr geschwächt, so verursachen sie nur ein Zittern, welches sich von dem unterstützten Theile auf alle Organe fortsetzt, denen man die Fähigkeit zuschreibt, die Be-

wegung bis zur nächsten Knochenfügung fortzusetzen. **Becquerel** *) fügte hinzu, daß man bei jedem Schlag eine innerliche Zuckung zu empfinden glaubt, welche zwei bis drei Secunden dauert, und auf welche eine schmerzliche Erschlaffung folgt; diese mag mit dem Zittern Aehnlichkeit haben, welches **Humboldt** bei jeder Berührung von zwei heterogenen Metallen empfand, die mit wunden Stellen von Zugpflastern auf den beiden Deltamuskeln verbunden waren. Was nun auch die Ursache der Erschütterung sein möge, immer hängt diese von dem Willen des Fisches ab; denn es kommt bisweilen vor, daß man sie nicht empfindet, wenn man, isolirt oder nicht, versucht ihn zu berühren. Z. B. **Bonpland** hielt ihn einigemal am Kopf, oder in der Mitte des Leibes, und **Humboldt** am Schwanze, und obwohl sie auf einem feuchten Boden standen, und sich nicht die Hand gaben, erhielt doch blos einer den Schlag. Sie bemerkten auch, daß die heftigsten Muskelbewegungen nicht immer von Schlägen begleitet waren. Es scheint daraus sogar hervorzugehen, daß es von dem Zitteraal abhängt, nur nach dem Punkte hinzuwirken, wo er am stärksten gereizt wird. — Der **Zitterrochen** wurde Gegenstand häufigerer Untersuchungen als der Zitteraal, namentlich bei den französischen Physikern, weil man ihn oft in den Meeren findet, welche die Küsten Frankreichs bespülen. Die Versuche über diesen Fisch, welche man **Gay-Lüssac** und **Humboldt** verdankt, zeigten von den vorigen etwas verschiedene Erscheinungen. Wenn der Zitterrochen den Schlag austheilt, so bewegt er die Brustflossen convulsivisch. Der Schlag ist mehr oder minder schmerzlich, je nachdem die unmittelbare Berührung mit einem Theile des Körpers durch eine breitere oder schmälere Oberfläche erfolgt. Bei dem Zitteraal ist dieß nicht so; die Flossen, die Augen und der Kopf bleiben unbeweglich, wenn das Thier den Schlag austheilt; dahingegen muß man bei einem, wie bei dem andern das Thier nothwendig allemal reizen, um dergleichen Wirkungen zu erfahren, die demnach von ihrem Willen abhängen. Der Zitterroche begnügt sich nicht blos mit einem Schlag, sondern man unterscheidet leicht mehre, welche er mit erstaunlicher Geschwindigkeit austheilt. Um sie zu empfangen, braucht die Person nicht isolirt zu sein. **Gay-Lussac** bemerkte, daß eine isolirte Person den Schlag nur bei unmittelbarer Berührung mit dem Finger erhielt, d. h. daß er nicht durch das Zwischenmittel eines metallischen Körpers erfolgte. Bringt man nämlich den Zitterrochen auf eine Metallplatte, so daß die Platte die untere Fläche der ihm eigenthümlichen Organe berührt, so empfängt die Hand, welche diese Platte hält, keine Schläge, wenn auch eine isolirte Person das Thier reizt, und die convulsivische Bewegung der Brustflossen starke und wiederholte Entladungen anzeigt. Bringt man ferner den Fisch zwischen zwei Metallplatten, deren beide Ränder sich nicht berühren, und bringt man zu gleicher Zeit beide Hände an die Platten, so muß die Entladung

*) Traité expir. de l'électr. et du magnet. 4 Vol. Paris, 1836.

durch das Zwischenmittel der beiden Hände vorgehen, wenn das Phänomen von der Wirkung eines von oben nach unten circulirenden Stromes herrührt. Es ist nicht mehr dasselbe, wenn der Roche sich zwischen zwei Metallplatten befindet, deren Ränder sich berühren, weil die Entladung dann durch das Zwischenmittel des Metalls Statt findet. — Die Wirkung ist dieselbe obenerwähnte, wenn man den Fisch mit einem Metallstabe berührt. Gay-Lussac und Humboldt konnten keine Wirkung elektrischer Spannung wahrnehmen in dem Augenblick, wo der Roche den Schlag austheilte. Dieses Resultat war leicht vorauszusehen, da die elektrischen Entladungen niemals von Erscheinungen begleitet sind, welche der gespannten Elektricität angehören. Ist der Zitterroche sehr kräftig, so entwickelt er im Wasser wie in der Luft dieselbe Stärke. — Folgendes sind die Mittel, welche man anwandte, um den elektrischen Ursprung der Schläge des Zitterrochens zu erkennen: In den Schlägen des Thieres muß man nicht Wirkungen einer Spannung suchen, sondern sie als elektrische Ströme ansehen, welche chemische Zersetzungen hervorbringen, auf die Magnetnadel wirken, und die Polarität stählerner schwach magnetisirter Nadeln verändern können. Man muß also zu diesem Zweck Instrumente anwenden, welche die Gegenwart electrischer Ströme bezeugen, die durch ähnliche Entladungen wie die bei der Leidner Flasche hervorgebracht sind. Die gewöhnlichen Multiplicatoren sind hierzu nicht brauchbar, weil die Windungen des Drahts durch die sie bedeckende Seide nur unvollkommen isolirt sind, also die Entladung von einer auf die andere überzugehen gestatten. Man muß sich also des Colladonschen Multiplicators*) bedienen, welcher indessen, wenn der Faden zu lang ist, das Unbequeme hat, ein zu beträchtliches Volumen zu besitzen, als daß der die Umwindungen des Drahts durchlaufende Strom auf die Nadeln hinreichend wirksam sein könnte. Auch kann man in der That einen großen Theil des Unzweckmäßigen, was der gewöhnliche Multiplicator hat, beseitigen, sobald man vorläufig die Entladung in einem mit destillirtem Wasser gefüllten Gefäß vor sich gehen läßt. Sind die beiden äußersten Enden des Drahts des Multiplicators durch zwei starke Platinblättchen geschlossen, so entsteht die Frage: kann man jedes von ihnen an irgend zwei Körpertheilen des Zitterrochens anbringen, ohne fürchten zu müssen, daß die unter diesen Umständen hervorgebrachten Effecte auf die Magnetnadel eine andere Ursache haben, als die Entladung? Nein; denn Donné zeigte, daß, wenn man eine Platinplatte in den Mund, und eine andere an die Brust des Menschen legt, man einen Strom erhält, der aus der Wirkung des einen auf die andere durch das Zwischenmittel der feuchten umgebenden Theile, mittels zweier verschiedenen Flüssigkeiten, die mit den Platten in Berührung kamen, erfolgte. Die Wirkung zeigt sich noch einige Zeit nach dem Tode; man kann sie auf gleiche Weise an allen Thieren, selbst an den Fischen jederzeit erproben, wenn die Platten in Berührung mit zwei Gegenden stehen, wel-

*) S. d. Art. Multiplicator S. 739.

che verschiedene Flüssigkeiten umschließen. Es ist also unmöglich, wenn man einen elektrischen Strom, der aus einer augenblicklichen Entladung entsteht, beobachten will, dabei Platinplatten, oder einen gewöhnlichen Multiplicator, oder selbst einen dazu besonders eingerichteten anzuwenden, ohne daß man zuvor die elektrochemischen Ströme beseitigt hat. Aber diese letzteren, und die aus augenblicklichen Entladungen entstehenden Ströme haben ihre bestimmt unterschiedenen Eigenthümlichkeiten; die einen gehen nicht durch destillirtes Wasser hindurch, die andern ohne die mindeste Schwierigkeit. Will man also diese beiden Ströme sondern, so braucht man nur in dem Umfang des Multiplicators eine U förmig gekrümmte Glasröhre, mit destillirtem Wasser gefüllt, zu bringen. Der nun erhaltene Strom ist lediglich die Folge augenblicklicher Entladung. Gegen die Ursache des eben angedeuteten Irrthums verwahrte sich John Davy, von dem wir eine interessante Arbeit über den Zitterrochen haben, allerdings nicht, wie man aus seiner Abhandlung in den Philosophical transactions, 1832, 1ster Theil ersehen kann. Er vernachlässigte die elektrochemischen Effecte, welche hervorgebracht werden, wenn zwei Platinplatten, die an den beiden Enden des Drahts des Multiplicators befestigt sind, mit irgend zwei feuchten Theilen eines todten oder lebenden Thieres in Berührung kommen, und diese Wirkungen sind noch nicht viel deutlicher, wenn man, wie er es that, Kupferplatten anwendet, welche niemals durch eine und dieselbe Flüssigkeit gleich angegriffen werden, zumal, wenn diese Flüssigkeit Meerwasser ist. Diese Thatsache ist sehr leicht zu veranschaulichen: taucht man die zwei Enden des Kupferdrahts eines Multiplicators in eine Salzauflösung, so erhält man immer einen Strom, welcher der Windung folgend, von der am wenigsten nach der am meisten angegriffenen Seite hinströmt. — Diese Apparate sind nicht die einzigen, welche dazu gedient haben, die elektrischen Eigenheiten des Zitterrochens zu untersuchen; es gibt noch einen andern außerordentlich empfindlichen, aber seine Anwendung erfordert dieselben Vorsichtsmaßregeln, wie die oben angedeuteten; es ist dieß nämlich der nach Galvani präparirte Frosch. Galvani selbst machte damit einen Versuch. Er legte den präparirten Frosch auf irgend eine Stelle des Zitterrochens, und ersterer zog sich lebhaft zusammen, selbst wenn er auf einer feuchten Tafel in einer gewissen Entfernung vom Zitterrochen ausgespannt war, während dieser selbst ruhig blieb. Volta schloß daraus, daß die Organe, welche diese Fähigkeit besitzen, in Folge eines von oben nach unten und umgekehrt gehenden beständigen Stroms eines elektrischen Fluidums immer in Thätigkeit sind. — Folgendes sind nun die Resultate der Versuche, welche in neuester Zeit Becquerel und Breschet über die Natur des Zitterrochens nach der oben angeführten Methode anstellten. Sie operirten an Ort und Stelle zu Chioggia ohnweit Venedig, weil sich die Zitterrochen schwer transportiren lassen, ohne etwas von ihrer Lebenskraft zu verlieren. Die Zitterrochen, mit welchen sie ihre Versuche anstellten, waren 6 — 12 Zoll lang. Sie fanden zuerst die seit langer Zeit bemerkte Eigenthümlichkeit des Thieres bestätigt, vermöge welcher

es, sobald man es gereizt hat, und mit dem Finger berührt, einen Schlag, dem der Leidner Flasche ganz ähnlich, versetzen kann. Dieser Schlag ist in der That mehr oder minder schmerzhaft, je nachdem eine breitere oder schmälere Oberfläche in Berührung kommt, und zwar mit jedem Theil des Körpers des Fisches, ausgenommen den Schwanz, welchen man ungestraft anfassen darf. Will man die Wirkungen recht deutlich wahrnehmen, so muß man die Hand auf einen mittleren Theil des Körpers legen, und vorzüglich auf die Stellen, welche mit einem besondern Organ zusammenhängen, wohin die Elektricität zuströmt. Je nachdem die Lebenskraft des Thieres groß ist, spürt man die Erschütterung in den Knochenfügungen des Fingers, in der Handwurzel, im Ellenbogen, und selbst in der Schulter. Da die Wirkung fühlbar ist, selbst wenn man den Rochen nur mit einem Finger berührt, so muß man daraus schließen, daß dieser einem Theile der Entladung den Durchgang verstattet, welche in dem Innern des Organs vor sich geht, in dem Augenblick, wo das Thier gereizt wird. Diese Wirkung ist folglich das Ergebniß eines Seitenstoßes, ähnlich dem, welches man durch folgendes Experiment erhält: Stellt man eine geladene Leidner Flasche auf ein feuchtes Tuch, und entladet sie so, daß dieses an dem Durchgang der Elektricität Theil nimmt, so zeigen präparirte Frösche, die man darauf legt, durch ihre Zusammenziehung an, daß der Strom sich in dem ganzen Tuch verbreitet hat. Hieraus folgt, daß die Masse Elektricität, welche bei der ursprünglichen Entladung ausströmt, nur ein sehr kleiner Theil der Elektricität sein kann, welche in dem Organ des Zitterochens circulirt. Da ferner der Zitterrochen die Entladung erfolgen läßt, wohin er will, so muß man voraussetzen, daß diese Entladung nicht auf einmal über die ganze Haut erfolge, und daß das Thier mittels einer verborgenen, in irgend einem Theile des Zellgewebes sich ergießenden Flüssigkeit nach Belieben die Verbindung zwischen den Organen und dem oder jenem Punkte seiner Haut herstellen könne. Es ist bemerkenswerth, daß das Thier, wenn man es am Schwanze festhält, und von oben und von unten mit Platinplatten drückt, um die beiden Elektricitäten zu verbinden, sich stark zusammenzieht, indem es die Wirbelsäule bald hoch, bald niedrig zusammenkrümmt, als ob es von Krampf ergriffen wäre. Die Brustflossen bewegen sich convulsivisch, und werden oft nach oben gebogen in Form eines Kammes. Nichts desto weniger sind, wie schon frühere Beobachter bemerkten, die heftigsten und krampfhaftesten Muskelbewegungen nicht immer von elektrischen Schlägen begleitet; diese können also nicht immer als Folge der Muskelzusammenziehungen betrachtet werden, sondern als Wirkung eines freien Willenacts des Thieres. Hat man die Zitterrochen lange Zeit gereizt, so verwandelt die Haut der untern Fläche des Körpers ihre sonst gewöhnlich weiße Farbe in Rosenroth, und geht oft in ein sehr lebhaftes Roth über. — Der Multiplicator, dessen sich Becquerel und Beschet bedienten, um die Natur der elektrischen Ströme, der Frucht der augenblicklichen Entladungen, zu erforschen, war außerordentlich empfindlich. Er bestand aus einem mit Seide überzogenen Kupferdraht, welcher mit Gummilack in seiner ganzen Länge überfirnißt, und

einige tausend Mal um das Gestelle gewickelt war. Vermöge dieses Ueberzugs waren die Umwickelungen isolirt, eine Vorsicht, die man immer beobachten muß, wenn man einen augenblicklichen Strom über einen um sich selbst gewickelten Metalldraht streichen lassen will. Die beiden Enden des Drahts liefen jedes in einen Platindraht aus, an welchem eine Platte von demselben Metall angeschweißt war; die eine dieser Platten wurde in den einem Schenkel eines in Uform gekrümmten und mit destillirtem Wasser gefüllten Glasrohres getaucht, während eine dritte Platinplatte, in Verbindung mit der andern Platte durch das Zwischenmittel eines Platindrahts, in dem andern Schenkel sich befand. Die zwei freien Platten, deren jede man mittels eines isolirenden Griffs in einer Hand hielt, wurden die eine an die obere, die andere an die untere Fläche des Zitterrochens in folgender Weise angelegt: Man hob das Thier am Schwanze aus dem Wasser, und hielt es in verticaler Stellung, den Kopf nach unten; hierauf legte man die beiden Platten an das Hauptorgan, jede auf einer Seite; nun zeigte die Nadel eine Ablenkung von 5 bis zu 40°, gemäß der Lebenskraft und dem Willen des Thieres. Wechselte man in der Stellung der Platten, so wurde die Richtung des Stroms umgekehrt. Diese Thatsache beweist vollkommen, daß die Wirkung elektrischer Natur ist, und nicht dem Vorhandensein fremdartiger, über die Oberfläche der Platinplatten verbreiteter Körper zugeschrieben werden müsse, sondern vielmehr der Richtung der Entladung in dem Organ. — Die verticale Stellung, welche man dem Zitterrochen gibt, reizt ihn sehr, und versetzt ihn also in den angemessenen Zustand, um Schläge zu ertheilen. Die Richtung des Stromes zeigt an, daß die an den obern Theil des Organs angelegte Platte ihm die positive, und die mit dem untern Theil in Berührung steht, die negative Elektricität entzieht. Setzte man die elektrodynamischen Spiralen *) an die Stelle des Multiplicators, so machten sie die ins Innere gebrachten stählernen Nadeln magnetisch. Die Richtung der Magnetisirung war übereinstimmend mit der Abweichung der magnetisirten Nadeln im Multiplicator. Es ist folglich gegenwärtig bewiesen, daß die von dem Zitterrochen erregte Erschütterung das Ergebniß einer elektrischen Entladung, ähnlich der der Leidner Flasche, ist, und zwar in einer solchen Richtung, daß in der oberen Fläche des Hauptorgans der Sitz der positiven und in der untern Fläche der der negativen Elektricität sich befindet.

Das den elektrischen Fischen eigenthümliche Organ besteht beim Zitterrochen aus zwei deutlichen Theilen, welche sich je eines an jeder Seite des Kopfes befinden. Hunter und Geoffroy St. Hilaire haben bemerkt, daß jedes derselben von einer großen Anzahl sehniger häutiger Röhren gebildet wird, welche dicht, sechseckig prismatisch und unter einander parallel um die Kiemen herumgestellt sind, und deren eines Ende an die darüber liegende Haut, das andere an eine darunter befindliche stößt. Hunter hat 1182 solcher Röhren

*) S. d. Art. Elektromagnetismus S. 179.

in einem einzigen Organe eines Zitterrochens berechnet. Alle diese Röhren sind durch eine gleichmäßig aponeurotische Haut, welche sich über die ganze Oberfläche des Thieres ausbreitet, an ihren beiden Enden vollkommen geschlossen. Diese Röhren werden nach Geoffroy St. Hilaire von kleinen, in sehr geringen Abständen von einander liegender Häutchen horizontal durchstrichen; der Raum zwischen denselben ist von einer Substanz erfüllt, welche aus Eiweiß und Gallerte zusammengesetzt zu sein scheint. Durch diesen Apparat gehen sehr zahlreiche Nervenfäden, die in jeder Röhre vertheilt sind und den größeren Nerven durch ihre Dicke entsprechen.

John Davy sah, wenn er das elektrische Organ in siedendes Wasser tauchte, daß die Zellen sich sogleich nach allen Richtungen zusammenzogen da sie vorher sechseckig oder fünfeckig waren, und binnen wenig Minuten fester wurden. Bei den Experimenten, die er in Rom machte, sah er nun, daß die Röhren deutlich faserig und blätterig waren, eine Structur, welche sehr an die der zambonischen Säule erinnert. Bei denjenigen Experimenten hingegen, die John Davy in Genua anstellte, sah er nicht dem Aehnliches; die sehnigen Fasern verwandelten sich in einigen Secunden in Gallert und die Zellen sonderten sich von einander, indem sie das Ansehen und die Consistenz eines glänzenden und sehr zarten Schleims bekamen. Vielleicht liegt die Ursache dieser so großen Verschiedenheit in der Veränderung gewisser Nebenumstände, wie der Temperatur, der Dauer der Eintauchung, der Zeit, seit welcher das Thier gestorben. Wie dem auch sei, John Davy konnte bei gewöhnlicher Temperatur und mit einer Linse von hundertfacher Linearvergrößerung die Beobachtungen von Hunter und Geoffroy St. Hilaire über die Organisation jedes aponeurotischen Röhrchens nicht bestätigen, da ihm alles als eine gleichförmige, in verschiedenen Richtungen von wahrscheinlich nervösen Fasern durchzogene Masse erschien.

Nach Breschet berühren sich nach vorn und vor den Geruchsorganen zwei aus einer Menge von Prismen zusammengesetzter Körper vermittels eines Gewebes von immer kleiner werdenden Zellen, in denen sich ein Gewebe befindet, das dem, welches die Prismen bildet, völlig ähnlich ist. Das ganze Organ ist von einer Faserhaut umgeben, die den benachbarten Theilen wenig anhängt. Dieselbe heftet sich nach außen an mehre im Bogen stehende und unter sich zusammengegliederte Knorpelstücke. Muskeln, welche sich an diese Knorpelstücke heften, können das Organ zusammendrücken und ausdehnen. Von der innern Fläche der das Organ umgebenden Faserhaut gehen ebenso faserige Scheidewände aus, in deren Dicke sich eine außerordentliche Menge Nervenfäden verästeln. Die faserigen Scheidewände bilden auch Zellen, welche denen einer Honigwabe gleichen, jedoch mit dem Unterschiede, daß die früher genannten Zellen des elektrischen Organs von allen Seiten geschlossen sind. Die Scheidewände sind so gestellt, daß sie immer je zweien der prismatischen Röhren angehören. Daher hat jedes einzelne Prisma, obschon es völlig isolirt von den andern, keine eigenthümliche Hülle. Da, wo sich drei Scheidewände vereinigen, befinden sich die Nerven und die Gefäße, welche in das Innere des Zellgewebes eindringen, sowie eben da nur al-

lein das Prisma anhängt, während es von dem übrigen Theile der Scheidewände durchaus frei zu sein scheint. Wenn man nun eine solche Scheidewand der Länge nach aufspaltet und auf die Seite auseinander legt, so daß eine der Seitenflächen des inliegenden prismatischen Körpers frei wird, so sieht man auf dieser Seitenfläche eine Menge Querstreifen, die unter sich durch ein äußerst feines und zartes Zellgewebe verbunden sind. Die Streifen zeigen keine isolirten und übereinander liegenden Plättchen an, wie die Elemente einer voltaischen Säule, sondern alles ist unter einander verbunden, alles bildet eine fast homogene, gestaltlose Masse, in der man nur etwas dunklere Streifen unterscheidet, von denen man annimmt, daß sie nervöser Natur seien, da ihr Anhaftungspunkt den Vereinigungswinkeln der Scheidewände entspricht, wo man die nervösen Fäden sie durchdringen sieht. Die große Menge der Nervenfäden, welche ins Innere des Organs eindringen, bestätigen diese Ansicht.

Das elektrische Organ schien John Davy von der Voltaischen Säule nicht afficirt zu werden, weder im Leben, noch nach dem Tode des Thieres. Auch andere Reizmittel wirkten eben so wenig, so daß dieses Organ nicht der Zusammenziehbarkeit fähig zu sein scheint, und daß diese prismatischen Körper an sich nicht die Natur der Muskeln zu haben scheinen, sondern von umgebenden Muskeln bewegt werden. — Da die Nerven des elektrischen Organs mit denen des Bauchs zusammenhängen, so meint John Davy, daß die überflüssige Elektricität bei der Verdauung thätig sei, was dadurch bewiesen zu werden scheint, daß Davy fand, daß ein Zitterrochen, den man zu vielen Schlägen gereizt hatte, einen kleinen Fisch, den er verschlungen, nicht zu verdauen angefangen hatte. John Davy stellt auch die Hypothese auf, daß die Kiemen durch den elekrischen Apparat die Eigenschaft besitzen, Wasser zu zersetzen, um das Oxygen zu verschaffen, dessen das Thier bedarf, wenn es von Schlamm und Sand bedeckt ist, so daß es ihm an Luft fehlt. Bis jetzt wird diese Ansicht weder von einer Thatsache bestätigt, noch widerlegt. Der Zitterrochen sondert besonders um das elektrische Organ herum sehr viel Schleim ab, welcher ein weit besserer Leiter als das Meerwasser ist, denn wenn die Enden des Drahts, mit dem man den Zitterrochen berührt, mit einem frischen Stück Haut desselben, das noch seinen natürlichen Schleim hat, bedeckt sind, so wird der Schlag viel stärker als sonst. Man glaubt, daß die Elektricität des Fisches von diesem Schleim nicht nur begünstigt werde, sondern daß die Erzeugung desselben auch wiederum von jener bedingt werde. — Uebrigens ist nach John Davy's Meinung die eigentliche Erzeugungsart der Elektricität noch in ein tiefes Dunkel gehüllt, da dieselbe von der Lebensthätigkeit abhängt, indem man nach dem Tode des Thieres nicht mehr die geringste Spur von Elektricität erhalten kann, und bei diesen Thieren die Erzeugungsart der Elektricität nicht die geringste Aehnlichkeit mit dem sonst angewandten Verfahren hat.

Galvani meinte, die elektrischen Organe seien die Leiter eines im Gehirn ausgeschiedenen Fluidums und machte Experimente darüber, von denen folgende die wichtigsten sind: 1) Er schnitt der Länge nach

einen Theil des Körpers eines Zitterrochens mit einem der elektrischen Organe ab; der Theil, an dem der noch unverletzte Kopf war, gab Schläge, der andere durchaus nicht. Ein ähnliches Experiment machte Todd. 2) Der Kopf wurde abgeschnitten, und die 2 Organe gaben keine Schläge mehr; 3) dasselbe fand aber nicht Statt, wenn das Herz ausgeschnitten wurde, bis das Gehirn weggenommen worden. 4) Er wollte den Einfluß des Gehirns auf die Zusammenziehungen kennen lernen, und nahm dieses mit solchen Vorsichtsmaßregeln weg, daß die Circulation des Blutes nicht gestört wurde; es war ihm unmöglich Erschütterungen zu erhalten, obschon die Muskelbewegungen noch voller Thätigkeit waren. 5) Ebenso bemerkte er, daß das Thier der Fähigkeit sich elektrisch zu entladen beraubt war, so wie man das Gehirn verletzte oder die Nerven durchschnitt, welche sich in den aponeurotischen Röhren der elektrischen Organe verbreiten. Diese Verstümmelung beraubte jedoch das Thier nicht des Lebens. Spallanzani hat diese Thatsache bestätigt.

Der Zitteraal hat einen sehr in die Länge gezogenen Körper; der Schwanz nimmt einen großen Theil der Länge ein; die Schwimmblase ist nicht wie bei den andern Fischen in der Bauchhöhle eingeschlossen, sie erstreckt sich im Innern des Schwanzes fast bis an sein Ende. Unter dieser Blase befindet sich ein aus mehren Aponeurosen (häutigen Ausbreitungen von Muskelsehnen) zusammengesetzter Apparat, welche sich auch in der Richtung der Länge des Fisches in horizontalen, parallelen Schichten ausbreiten, so daß eine von der andern ungefähr 1 Millim. entfernt ist. Diese Schichten werden beinahe senkrecht von anderen Platten von derselben Natur durchschnitten, woraus sich ein breites und tiefes Netz ergibt, dessen Zellen rhomboidal und von einer gallertartigen Substanz erfüllt sind. Hunter fand, daß dieser Apparat aus 4 Organen, zwei großen und zwei kleinen zusammengesetzt ist. Die beiden ersteren liegen unter der Schwimmblase und den Wirbelbeinmuskeln, die beiden kleinen in der untersten Gegend des Schwanzes. Die horizontalen Schichten sind nicht durchaus parallel, sie weichen in Zwischenräumen von ihrer Richtung ab. Dieser Apparat wird durch ein System von Nerven, welche von dem Rückenmark ausgehen, in Thätigkeit gesetzt. Die Höhlungen des Netzgewebes empfangen die Nervenfäden von einem Nervenstamm über der Wirbelsäule. Die elektrischen Organe des Zitterwels breiten sich nach Geoffroy St. Hilaire rings um den Fisch aus. Sie liegen unmittelbar unter der Haut. Ihre Zusammensetzung ist dieselbe wie bei den zwei beschriebenen Zitterfischen.

Geoffroy St. Hilaire, welcher die drei angeführten Fische anatomirt hat, schließt aus der Vergleichung derselben Folgendes: Die Organe, welche den elektrischen Fischen die Fähigkeit geben, Erschütterungen zu bewirken, haben nicht gleiche Lage. Beim Rochen liegen sie auf beiden Seiten des Kopfes, beim Aal unter dem Schwanze, beim Wels um den Körper. Kein Theil des Nervensystems ist ihnen speciell gewidmet, denn beim Rochen sind es die Nerven des fünften Paares, welche sich dort vertheilen, beim Aal die Gehirnnerven und beim Wels die des 8ten Paares. Endlich ist die Gestalt der Zellen nicht bei jedem dieser Fische dieselbe. Trotz dieser Verschiedenheit haben die elek-

trischen Organe dieser Fische, welche sich bei ähnlichen Arten nicht finden, eine gleiche Beschaffenheit, welches anzuzeigen scheint, daß sie bestimmt sind Functionen derselben Natur zu verrichten*).

Zurückwerfung des Lichtes oder (lat.) **Reflexion des Lichtes**, heißt die Erscheinung, nach welcher auf einen Gegenstand fallendes Licht zum Theil zurückgeworfen wird, und die Untersuchung der Gesetze, nach denen diese Zurückwerfung geschieht, macht den Gegenstand der Katoptrik aus. Wenn man in ein dunkles Zimmer ein Bündel Sonnenlicht LL′ (Fig. 440.) einfallen läßt**), so daß er einen glatten Metallspiegel MM′ trifft; so beobachtet man im Allgemeinen zwei merkwürdige Erscheinungen: 1) unterscheidet man in einer bestimmten Richtung ein Bündel RR′, welches vom Spiegel auszugehen scheint und welches auf die Körper, denen es begegnet, ein glänzendes Bild der Sonne wirft; alle Strahlen dieses Bündels sind **regelmäßig reflectirte Strahlen**; sie sind von desto größerem Glanze, je besser polirt der Spiegel ist; 2) bemerkt man auch an andern Punkten des dunklen Zimmers den Theil des Spiegels, auf welchen das Licht fällt, aber in bei weitem geringerem Glanze; die Strahlen ID, ID′, ID″ u. s. w., welche also nach allen Richtungen **zerstreut** sind, sind **unregelmäßig reflectirte Strahlen**; sie sind von desto größerem Glanze, je weniger polirt der Spiegel ist. Man denke sich auf der Ebene des Spiegels in I, wo der Strahl LI den Spiegel trifft, eine Senkrechte PI errichtet, welche das **Einfallsloth** heißt, so heißt der Winkel LIP, den der einfallende Strahl LI mit dem Lothe PI macht: der **Einfallswinkel**; der Winkel RIP, welchen der reflectirte Strahl RI mit dem Lothe PI macht: der **Reflexionswinkel** (Zurückwerfungswinkel); die Ebene, welche der Einfallswinkel bezeichnet: die **Einfallsebene**; die Ebene, welche der Reflexionswinkel bezeichnet: die **Reflexionsebene**. Die Gesetze der regelmäßigen Zurückwerfung sind nun folgende:

1. **Die Reflexionsebene fällt mit der Einfallsebene zusammen, oder, was dasselbe: der reflectirte Strahl fällt in die Einfallsebene;**

2. **Der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfalls=**

*) **Becquerel**, welcher eine elektrische Theorie der Muskelzusammenziehungen gibt, sagt: Der Unterschied, welcher zwischen den elektrischen Fischen und den andern Thieren besteht, ist der, daß bei jenen die Natur eigene Organe angebracht hat, um die Elektricität zu verdichten, welche von dem Gehirne sich ergießt, um ihre Spannung so zu vermehren, daß eine Angriffswaffe entsteht, während bei den andern Thieren dieselbe Elektricität nur die Spannung hat, welche nöthig ist, um die natürlichen Zusammenziehungen zu bewirken, und die verschiedenen Functionen zu vollbringen, welche zu erfüllen ihr obliegen.

**) Z. B. durch eine Oeffnung im Laden.

winkel und liegt auf der anderen Seite des Einfallslothes.

Diese beiden Grundgesetze können durch Einen Versuch nachgewiesen werden, welchen die Astronomen sehr oft Gelegenheit haben zu wiederholen und zwar mit sehr genauen Instrumenten. Um den Mittelpunkt C (Fig. 443.) eines großen verticalen Kreises VV′ bewegt sich ein Fernrohr OL, mit dem man die Sterne beobachtet. Zuerst macht man eine Beobachtung mit dem direkten Lichte ED, darauf eine zweite mit dem Lichte E′IR, welches auf der ruhigen Oberfläche eines mit Quecksilber gefüllten Gefäßes reflectirt wird, und man findet beständig, daß der Winkel DCP gleich dem Winkel PCO′ ist. Da nun aber die Senkrechten CP und P′I, so wie die Strahlen ED und E′I, welche von demselben Sterne kommen*), parallel sind, so ist klar, daß der Winkel DCP dem Winkel E′IP′, und der Winkel PCO′ dem Winkel P′IR gleich ist, und mithin, daß auch E′IP′ = P′IR ist, und eben so, daß die Einfallsebene E′IP′ mit der Reflexionsebene P′IR zusammenfällt. Statt eines am Kreise angebrachten Fernrohrs kann man sich auch einer einfachen geraden Röhre oder einer Alhidade bedienen deren Dioptern zwei Löcher haben, und die so angebracht ist, daß die Linie zwischen beiden Oeffnungen der Ebene des Kreises genau parallel ist.

Noch einfacher lassen sich die angegebenen Gesetze mittels des Fig. 439. abgebildeten Apparates erproben. AB ist eine mit Stellschrauben versehene Metallplatte, in deren Mitte ein Planspiegel C eingelassen ist, und über welcher sich senkrecht auf sie ein getheilter Kreisbogen erhebt, der 180° hält. Vom obersten Punkte O dieses Bogens hängt ein Loth D mit einer feinen Spitze herab und zeigt auf einen Punkt des Spiegels. Zu beiden Seiten des Lothes lassen sich an diesem Bogen Dioptern E und F mit feinen Ausschnitten verschieben. Stellt man die Platte AB und dadurch zugleich auch den Spiegel C horizontal und bringt die Diopter F auf einen Theilstrich des Bogens, die Diopter E auf einen andern vom Mittelpunkte O der Theilung eben so weit abstehenden, so sieht das hinter E befindliche Auge an der Stelle des Spiegels, wohin die Spitze des Lothes D weist, die Oeffnung der Diopter F, die Größe des Bogens OF mag übrigens welche immer sein. Es muß daher der durch die Oeffnung der Diopter F nach dem vom Loth bezeichneten Punkt des Spiegels hinfahrende Strahl FC durch Reflexion die Richtung CE bekommen.

Die beiden angegebenen Gesetze haben völlige Allgemeinheit und es gibt keine Ausnahme derselben; sie gelten für das natürliche Licht, welches von den Gestirnen kommt, wie für das künstliche, welches durch

---

*) Wäre der Stern in einer endlichen Entfernung, so würde EC und E′I nicht parallel sein, sich aber um so mehr der Parallelität nähern, je weiter die Lichtquelle sich entfernt, wenn diese also nun eine gegen alle meßbaren Entfernungen unendliche ist, wie dieses bei Fixsternen der Fall, so werden in der That E′I und EC parallel werden.

Verbrennung, chemische Prozesse, Phosphorescenz, Elektricität rc. erzeugt wird. Sie gelten für direktes Licht, wie für das zerstreute Licht, welches uns die Körper und ihre verschiedenen Farben zeigt. Sie sind endlich unabhängig von der Natur der Substanzen, auf welche das Licht fällt, denn sie treten mit derselben Genauigkeit bei Metallen, Edelsteinen, festen Körpern und Flüssigkeiten, mit einem Worte bei allen reflectirenden Oberflächen auf, aus welcher Materie sie auch bestehen mögen. Auf diesen Principien beruhen die merkwürdigen Erscheinungen der Spiegel (s. d. Art.).

Wenn es reflectirende Ebenen gäbe, welche vollkommen glatt wären, so würden dieselben alles auf sie fallende Licht ohne Zerstreuung regelmäßig reflectiren. Das Auge würde sie demzufolge weder zu unterscheiden noch auch nur eine Ahnung ihrer Existenz sich zu verschaffen vermögen; denn die Körper werden aus der Entfernung nur durch die an ihrer Oberfläche unregelmäßig reflectirten Strahlen wahrgenommen, und alle regelmäßig reflectirten Strahlen zeigen die leuchtenden Punkte, von denen sie ausgegangen sind, und nicht diejenigen Körper, von denen sie zurückgeworfen werden. Wenn die Kugel des Mondes z. B. so glatt wie ein Quecksilbertropfen wäre, so würden wir nicht sie erblicken, wenn wir das Auge nach ihr richteten, sondern nur das Bild der sie erleuchtenden Sonne.

In demselben vollkommen homogenen Mittel kann sich das Licht unbestimmt bewegen, ohne die geringste regelmäßige Reflexion zu erfahren. So oft sich aber ein Uebergang von einem Mittel in ein anderes darbietet, findet an der Trennungsfläche beider Mittel eine mehr oder weniger reichliche regelmäßige Zurückwerfung statt. Ein solcher Uebergang findet aber nicht nur da statt, wo zwei specifisch verschiedene Körper sich begrenzen, sondern jede besondere Modificatian der Bestandtheilchen, welche einen Theil eines Körpers allein trifft, macht diesen Theil zu einem andern optischen Mittel als die andern Theile desselben Körpers.

Die genau gesetzmäßige Bestimmtheit, von welcher bisher gesprochen, bezieht sich nur auf die Richtung, nicht auf die Intensität (Lichtstärke) des reflectirten Lichtes. Ueber diesen schwierigen Punkt (von welchem genauer im Art. Polarisation die Rede ist) wissen wir nur: 1) daß die Quantität des regelmäßig reflectirten Lichtes zunimmt mit dem Einfallswinkel, ohne jedoch jedesmal = 0 zu werden, wenn dieser Winkel = 0 ist; 2) daß sie abhängt von dem Mittel, in welchem das Licht sich bewegt, und von dem Mittel auf welches dasselbe fällt; 3) daß sie für Körper von verschiedener natürlicher Beschaffenheit, welche unter denselben Bedingungen sich befinden, sehr verschieden ist. Einige Beispiele werden diese allgemeinen Resultate der Beobachtung verständlicher machen. Wenn man die Flamme einer Wachskerze durch Reflexion auf einem Stück mattgeschliffenen Glases betrachtet, so kann man ihr Bild nicht mehr unterscheiden, wenn der Einfallswinkel sehr klein ist, aber man unterscheidet dasselbe sehr wohl, wenn jener Winkel hinlänglich groß wird. Man kann das Bild in diesem Falle selbst auf einem Stücke Holz, oder Stoff, ja sogar auf einem mit Rauch ge-

schwärzten Papier erkennen. Diese Versuche beweisen zugleich, daß auch die scheinbar gar kein Licht zurückwerfenden Körper dennoch einen Theil des auf sie fallenden Lichtes regelmäßig reflectiren, und zwar um so mehr, je bedeutender die Schiefe der Strahlen ist. — Stücke polirten Glases sind kaum sichtbar, wenn man sie in Wasser oder Oel eintaucht, und geben in diesem Falle durch Reflexion nur sehr dunkle Bilder der Gegenstände, weil die Oberfläche des Glases in Berührung mit diesen Flüssigkeiten weniger Licht reflectirt, als in Berührung mit der Luft. — Stellt man parallel nebeneinander flüssige Oberflächen und Substanzen, welche gleich gut geglättet sind, so unterscheidet man eine große Verschiedenheit in dem Glanze der Bilder, welche sie unter demselben Einfallswinkel reflectiren; das Quecksilber und der Stahl z. B. geben bei weitem glänzendere Bilder als das Wasser, der Weingeist und das Glas.

Zusammentreffen der Lichtstrahlen, das, ist mit eigenthümlichen Einwirkungen derselben auf einander verbunden, welche erst in neuerer Zeit näher beobachtet und erforscht und als Interferenz des Lichtes bezeichnet worden sind. Um das Phänomen, um das es sich handelt, wahrzunehmen, kann man sich am besten entweder eines sehr flachen dreiseitigen Glasprismas, oder zweier wenig gegen einander geneigter Planspiegel bedienen. Ist M (Fig. 450.) das angegebene Prisma, auf welches von dem Punkte S ausfahrende Strahlen Sa, Sb, Se, Sd fallen, so bewirk dasselbe, daß die Strahlen hinter dem Prisma bei g, f u. s. w. sich schneiden. Fallen von S aus Lichtstrahlen auf die Spiegelplatten N und M, so ist die Wirkung der letztern dieselbe, als ob die Lichtstrahlen von a und b ausgingen, und die Strahlen schneiden sich daher, wie Fig. 451 zeigt. Man soll sich nach Powel zweier aus einer Tafel geschnittenen Spiegelglasstücken bedienen, an denen eine Kante glatt geschliffen ist. Beide Platten legt man mit den glatten Kanten aneinander auf einen ebenen Tisch und gibt ihnen die passende Neigung gegen einander, indem man die eine Platte durch einen dünnen Keil etwas hebt. Man kann sich auch einer dünnen Glas- oder Glimmerplatte bedienen, auf welche man parallele Strahlen in schiefer Richtung fallen läßt, damit die an der vorderen Fläche zurückgeworfenen Strahlen mit den an der Hinterfläche zurückgeworfenen zusammenfallen. Den leuchtenden Punkt S (in einem dunklen Zimmer) erhält man durch eine runde oder besser eine lange schmale Oeffnung, auf welche man Sonnen- oder Kerzenlicht mittels eines Heliostaten (s. d. Art.) lenkt. Das Licht wird überdieß noch durch eine Sammellinse zu einem Punkte oder durch ein cylindrisches Glas zu einer Lichtlinie concentrirt, und durch das Prisma oder die Spiegelplatten in angegebener Weise aufgefangen. Betrachtet man nun die Durchschnittspunkte der Strahlen durch eine Sammellinse, so erblickt man eine Reihe unter einander paralleler, heller und dunkler Streifen von den lebhaftesten Farben, von denen der mittlere hell ist, und welche auf der die beiden Bilder des angegebenen Punktes verbindenden Linie senkrecht stehen. Stellt man den Versuch mit einem ebenen Plättchen an, so sieht man die Streifen ohne Linse, verschieden nach der Neigung der einfallenden Strahlen. Wenn ein Theil der sich interferirenden Strahlen vor dem Zusammentreffen durch ein anderes Mittel geht, als der

Rest derselben, so findet eine Verschiebung der Lichtstreifen statt. Je stumpfer der Neigungswinkel der beiden Spiegelflächen oder je flacher das Prisma ist, desto mehr entfalten sich die Farbenstreifen, verlieren aber zugleich an Intensität. Die passendste Neigung findet man nur durch Versuche. Uebersichtlicher wird die Erscheinung, wenn man sich gleichartigen Lichtes bedient oder w. d., die Streifen durch ein farbiges Glas betrachtet. Dann sieht man zwischen den leuchtenden Sreifen dunkle Zwischenräume. Berechnet man die Richtungen und Längen der von den Strahlen, welche an der Stelle der Streifen sich schneiden, zurückgelegten Wege, so kommt man zu folgenden das Prinzip der Interferenz ausdrückenden Resultaten: 1) der leuchtende Streifen mitten zwischen beiden Bildern entsteht aus Strahlen, die vom leuchtenden Punkte bis zum Durchschnittspunkte gleiche Wege zurückgelegt haben. 2) Die ersten zwei leuchtenden Streifen, links oder rechts gegen den mittleren werden von Strahlen gebildet, deren Unterschied der Wege derselbe, = d, ist. 3) Die zweiten Streifen rechts und links vom Winkel entstehn durch Strahlen, deren Differenz der Wege = 2d. 4) Bei allen farbigen Streifen sind im Allgemeinen die Differenzen der Wege: 0, d, 2d, 3d, ... 5) Bei allen dunklen Streifen sind die Differenzen der Wege: $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d .... 6) der absolute Werth von d ist für verschiedenartige Strahlen verschieden, für Roth an größten und für Violet an kleinsten. Fraunhofer (bei seinen Versuchen über Beugung, s. d. A.) hat folgende Werthe gefunden: d ist für roth = 0,00002422 Par. Zoll; orange = 0,00002175; grün = 0,00001945; blau = 0,00001794; dunkelblau = 0,00001587; violet = 0,00001464. 7) die Größe der Verrückung durch Einschieben eines heterogenen Mittels richtet sich nach dem Verhältniß zwischen den Brechungsexponenten der Mittel. 8) das Resultat der Interferenz von Strahlen, deren einige von einem mehr brechenden Mittel in ein minder brechendes reflectirt werden, während bei den anderen das Gegentheil stattfindet, ist jenen der Strahlen, die insgesammt von einem mehr brechenden in ein minder brechendes Mittel kommen oder umgekehrt gehen, gerade entgegengesetzt, und es erscheint demnach alles dunkel, wenn die Differenz der Wege 0, d, 2d ꝛc.; hingegen licht, wenn die Differenz $\frac{1}{2}$d, $\frac{3}{2}$d, $\frac{5}{2}$d ꝛc. ist. Hieraus erklären sich nun die Farbenerscheinungen bei weißem Licht; wo nämlich beim einfarbigen Lichte Dunkelheit stattfindet, wird beim weißen Lichte nur eine Farbe weggenommen und die Mischfarbe der übrigen Farben tritt auf Farbe. (Vergl. d. Art.) Die Interferenzerscheinungen würden noch viel häufiger wahrgenommen werden, wenn nicht Bedingung wäre, daß die Strahlen von ganz gleichartigen Lichtquellen kommen, und der Unterschied ihrer Wege sehr klein sein muß. Man hat aber aus der Interferenz namentlich die Farben dünner Plättchen, die Anwandlungen, die Beugungserscheinungen (s. d. bes. Art.) durch streng mathematische Behandlung auf das vollständigste und überraschendste erklärt.

Ende des vierten und letzten Bandes.

Register

zum vierten Bande

des populären physikalischen Lexicons.

(Vergl. die Register zum zweiten und dritten Bande.)

N.

O.

P.

Indem ich dem Publikum das fertige Werk übergebe, bitte ich um nachsichtsvolle Aufnahme und bemerke, daß durch den baldigst herzustellenden Registerband die Vollständigkeit des Werkes noch deutlicher in die Augen treten, und das Nachschlagen über Einzelheiten erleichtert werden wird. Manches in entfernterer Beziehung zur Physik stehende, so wie manches die Theorie betreffende wäre noch aufgenommen worden, wenn es der ohnehin schon über die ihm ursprünglich angewiesenen Grenzen hinausgegangene Umfang des Werkes erlaubt hätte. Faßt man, wie billig, die Tendenz dieses Werkes ins Auge, so hoffe ich, daß man bei Untersuchung seines Inhaltes eher zu viel als zu wenig finden wird.

Der Verfasser.

Druck von Breitkopf u. Härtel in Leipzig.

Band IV. Taf. I.

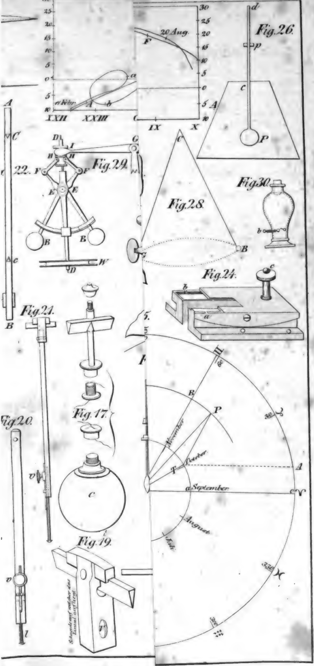


Fig. 26.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 28.
Fig. 24.
Fig. 21.
Fig. 20.
Fig. 17.
Fig. 19.
20 Aug.
XXII
XXIII
IX
X
September
August
Juli
November
Schneide auf welcher das Lineal aufliegt

Digitized by Google

Digitized by Google